# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9. 1. Mai 1914. 15. Jahrgang.
Redaktionsschluß für No. 10 am 2. Mai 1914.

INHALT:

**An unsere Leser!** S. 425.
**Originalmitteilungen:**
S. Valentiner, Über Randwinkel und Schwimmvermögen. S. 425.
P. Neubert, Über die Schichtung in reinen Gasen und ihre Beeinflussung durch Verunreinigungen. S. 430.
A. F. Kovářík u. L. W. McKeehan, Messung der Absorption und Reflexion von $\beta$-Teilchen durch direkte Zählung. S. 434.
W. Marckwald, Versuche über den Zerfall der Radiumemanation in einer Heliumatmosphäre. S. 440.
C. Engler, H. Sieveking u. A. Koenig, Die Verwendbarkeit des Fontaktoskops zur Messung der Radioaktivität von Quellwässern. S. 441.
E. J. Shaeffer, M. G. Paulus u. H. C. Jones, Die Änderung der Absorption des Lichtes durch Wasser infolge der Gegenwart stark hydrierter Salze, gemessen mit Hilfe des Radiomikrometers. Bedeutung der Ergebnisse für die Solvattheorie der Lösungen. S. 447.
W. W. Coblentz, Die Empfindlichkeit von Thermosäulen. S. 453.
K. Schaposchnikow, Die ponderomotorische Wirkung des zirkularpolarisierten Strahles. S. 454.
H. Busch, Ein allgemeiner Satz über die ponderomotorische Wirkung des Drehfeldes, insbesondere der zirkularpolarisierten Welle. S. 455.
H. Busch, Über die von der zirkularpolarisierten Welle ausgeübten Drehmomente und die Emissionstheorie des Lichtes. S. 457.
W. Berger, Über eine neue Vektoroperation. S. 458.
M. K. Grober, Ein Beispiel der Anwendung der Kirchhoffschen Stabgleichungen. S. 460.
W. S. Gripenberg, Über die Tiefe der Lichtwirkung beim Selen. S. 462.
M. Wolfke, Antwort auf die Bemerkung Herrn Krutkows zu meiner Note: „Welche Strahlungsformel folgt aus der Annahme der Lichtatome?" S. 463.
F. Braun, Bemerkung zu der Arbeit des Herrn Th. Svedberg, Wellenstromlichtbogen in Flüssigkeiten. S. 464.
**Besprechungen:**
E. Study, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. S. 464.
Aus Natur und Geisteswelt. S. 465.
E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. S. 467.
L. Dressel, Elementares Lehrbuch der Physik. S. 467.
A. W. Duff, Textbook of Physics. S. 467.
R. Lang, Experimentalphysik. I. II. S. 468.
G. Urbain et A. Sénéchal, Introduction à la chimie des complexes. S. 468.
L. Wöhler, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. S. 469.
H. Boerner, Vorschule der Chemie und Mineralogie. S. 469.
**Berichtigung.** S. 469.
**Personalien.** S. 469.
**Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1914.** S. 470.

## An unsere Leser!

Hiermit bringen wir unsern Lesern zur Kenntnis, daß Herr Privatdozent Dr. **M. Born** in Göttingen als Mitarbeiter in die Redaktion eingetreten ist. Den geschäftlichen Teil der Redaktion wird nach wie vor Herr Dr. **Busch** besorgen.

**Herausgeber, Redaktion und Verlag der Physikalischen Zeitschrift.**

# ORIGINALMITTEILUNGEN.

## Über Randwinkel und Schwimmvermögen.

Von Siegfried Valentiner.

Läßt man Bleiglanz- oder Zinkblendekörnchen, die durch ein Sieb mit der Maschenweite 0,65 mm hindurchfallen, langsam auf eine Wasseroberfläche gleiten, so sinkt trotz des hohen spezifischen Gewichtes kaum ein Teilchen unter (bequemer Vorlesungsversuch); Quarz von derselben Korngröße schwimmt nicht so gut, Grauwacke, Tonschiefer u. a. schwimmen gar nicht. Diese Erfahrung wird besonders in unserer Zeit häufig mit gutem Erfolg in der Technik bei der Trennung von Erz und Gestein benutzt. Trotzdem hat man den Vorgang des Schwimmens kleiner schwerer Teilchen bisher noch nicht systematisch untersucht und von der Kapillaritätstheorie ausgehend durchgerechnet[1]). Ich habe daher Herrn stud. Schranz veranlaßt, bei einer größeren Anzahl von Materialien verschiedener Herkunft und von verschiedener Korngröße das Schwimmvermögen auf Wasser festzustellen und am gleichen Material den Randwinkel von Wasser und von verdünnter Schwefelsäure als die vermutlich für das Schwimmvermögen in erster Linie maßgebende physikalische Größe zu messen. Über die Resultate seiner Versuche und die von der Kapillaritätstheorie geforderte Beziehung zwischen Randwinkel,

1) Es liegt eine sehr große Anzahl experimenteller Untersuchungen über den Vorgang vor, in denen es sich indessen hauptsächlich um die Frage handelt, wie man technisch am zweckmäßigsten die Körnchen an die Flüssigkeitsoberfläche bringen kann.

Schwimmvermögen und Korngröße möchte ich im folgenden kurz berichten[1]).

§ 1. Der Randwinkel $\vartheta$ wurde an bequemen Stücken verschiedenen Materials von verschiedener Herkunft nach der von Quincke[2]) angegebenen Methode bestimmt. Als Flüssigkeit diente destilliertes Wasser, weiches Leitungswasser und künstlich hergestelltes hartes Wasser, ferner aus technischen Gründen verdünnte Schwefelsäure verschiedener Konzentration. Ein Unterschied infolge verschiedener Herkunft des gleichen Materials konnte im allgemeinen nicht festgestellt werden. Wenn ein solcher auftrat, ließ er sich in der Regel darauf zurückführen, daß das eine Material durch Einschlüsse mehr als das andere verunreinigt war. Ebenso ergab sich bei den verschiedenen Wassern auf ein und demselben Material immer der gleiche Randwinkel. Verdünnter Schwefelsäure gegenüber verhielten sich Zinkblende und Bleiglanz verschieden; bei Zinkblende trat keine Änderung des Randwinkels ein, während bei Bleiglanz der Randwinkel von verdünnter Schwefelsäure vom Prozentgehalt abhing und mit wachsendem Prozentgehalt abnahm. Es läßt sich dies wohl darauf zurückführen, daß die Oberfläche des Bleiglanzes infolge des sich bildenden schwerlöslichen Bleisulfates sich dauernd ändert, während dies bei Zinkblende nicht der Fall ist, da das Zinksulfat sich sehr leicht löst. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der zahlreichen Beobachtungen mitgeteilt, die mit destilliertem Wasser angestellt wurden[3]).

§ 2. Das Schwimmvermögen $S$ wurde auf folgende Weise gemessen. Eine abgewogene Menge des Materials von einer Korngröße, daß die Körner durch ein Sieb mit der Maschenweite $w_1$ hindurchgingen und von dem Sieb mit der Maschenweite $w_2$ zurückgehalten wurden, fiel aus geringer Höhe auf eine Wasseroberfläche. Der Teil, der schwimmen blieb, wurde abfiltriert, getrocknet und wieder gewogen. Er diente in Proz. der aufgegebenen Menge ausgedrückt als Maß des Schwimmvermögens. Auch bei diesen Versuchen wurde der Einfluß von Schwefelsäurezusätzen bestimmt, und zwar indem man das Material vor dem Schwimmversuche 5 Minuten lang in verdünnter Schwefelsäure verschiedener Konzentration hielt und dann durch Auswaschen von jeder Spur Schwefelsäure befreite und trocknete.

Die Beobachtungen des Schwimmvermögens der Materialien ohne vorherige Schwefelsäurebehandlung sind ebenfalls in Tabelle 1 neben den Randwinkeln aufgenommen. Die Bestimmungen wurden für drei verschiedene Korngrößen ausgeführt, deren Grenzen (= Maschenweite der einschließenden Siebe) über den Spalten angegeben sind. Außerdem findet man noch in Tabelle 1 hinter den Materialien das spezifische Gewicht $s$.

Der Vergleich der Randwinkel mit dem Schwimmvermögen der ersten Korngrößenklasse zeigt einen ausgesprochenen Parallelismus; wie zu erwarten ist, spielt der Randwinkel eine wichtige Rolle bei den Schwimmvorgängen. Daß er nicht die allein dabei maßgebende physikalische Größe ist, geht aus den anderen Spalten der Tabelle 1 hervor, denen zufolge das Schwimmvermögen von der Korngröße abhängt.

§ 3. In welcher Weise das Schwimmvermögen von der Korngröße und dem Randwinkel abhängt, kann durch verhältnismäßig einfache Betrachtungen erkannt werden. Wir wollen die theoretische Behandlung des Vorgangs in zwei Teile teilen, nämlich zuerst die Frage beantworten, wann wird ein Körper, der vorsichtig auf Wasser gebracht wird, so daß nur eine letzte Fläche vom Wasser nicht benetzt wird, schwimmen, wann untersinken, vorausgesetzt, daß das spezifische Gewicht des Körpers größer als 1 ist. Die zweite Frage wird lauten müssen: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Körper, für den die Bedingung des Schwimmens in irgendeiner Lage erfüllt ist, diese Lage annehmen wird, also wirklich schwimmt, wenn man ihn in willkürlicher Anfangsorientierung ins Wasser gleiten läßt. Beide Fragen sind leider nur für gewisse einfache Körperformen zu beantworten, und selbst für diese nur angenähert.

§ 4. Die Beantwortung der ersten Frage wollen wir zunächst für den Fall eines kleinen Kreiszylinders von der Höhe $h_0$ und mit zwei zur Achse senkrechten Endflächen vom Radius $r$ in Angriff nehmen. Er sei mit vertikaler Achse in das Wasser eingetaucht, die Flüssigkeit greife am oberen Rand an (vgl. Fig. 1).

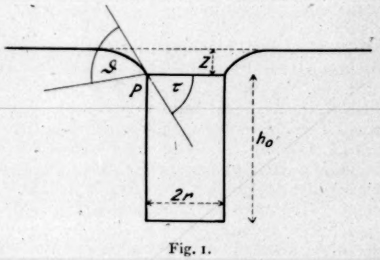


Fig. 1.

1) Ausführliche Mitteilung erfolgt in der technischen Zeitschrift „Metall und Erz“, Mai 1914.
2) G. Quincke, Wied. Ann. 2, 150, 1877.
3) Genauere Angaben siehe a. a. O.

Tabelle 1.

| Material | Fundort | $s$ | $\vartheta$ | Schwimmvermögen bei der Korngröße 0,1—0,65 mm | 0,65—1,5 | 1,5—2,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bleiglanz | Clausthal | 7,5 | 71° | 99% | 52 | 0 |
| | Lautenthal | | 70 | 99 | | |
| | Michailowitsch | | 75 | 99 | | |
| | Umba | | 71 | 99 | | |
| | Untereschbach | | 75 | 99 | 54 | 8 |
| Zinkblende | Clausthal | 4,0 | 72 | 95 | 49 | 7 |
| | Untereschbach | | 71 | 98 | 63 | 7 |
| Drusenblende | „ | | 69 | 93 | | |
| Flußspat | Hagenbach a. Z. | 3,2 | 70 | 97 | | |
| | Sarntal | | 70 | 98 | | |
| Schwefelkies | Piemont | 5,1 | 73 | 99 | | |
| | Rammelsberg | | 58 | 89 | | |
| Meliertes Erz | „ | >4 | 59 | 92 | | |
| Quarz | Clausthal | 2,7 | 58 | 78 | 37 | 3 |
| | Ratlinghausen | | 55 | 79 | | |
| | St. Gotthard[1]) | | 28 | 21 | | |
| Kalkspat[2]) | Clausthal | 2,7 | ca. 45 | 56 | 23 | 11 |
| | Michailowitsch | | „ 45 | 11 | | |
| | Umba | | „ 45 | 27 | | |
| Gips | Dörnten | 2,3 | 25 | 4 | | |
| Muskovit | D.-O.-Afrika | 2,9 | 20 | 1 | | |
| Tonschiefer | Clausthal | 2,8 | 13 | 6 | 2 | 1 |
| | Rammelsberg | | 10 | 3 | | |
| Grauwacke | Clausthal | 2,7 | 0 | 8 | 2 | 0 |
| Quarzige Gangmasse | Untereschbach | 2,7 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| Sandstein | „ | 2,3 | 0 | 1 | 1 | 0 |

1) Der Quarz vom St. Gotthard war völlig klar im Gegensatz zu dem von Clausthal und von Ratlinghausen.
2) Bei Kalkspat stellt sich anfangs ein größerer Randwinkel ein, der nach ca. 10 Minuten bis auf ca. 45° sinkt. Ähnlich verhalten sich Muskovit und Gips.

Der Auftrieb, den dieser kleine Zylinder erfährt, ist:

$$A = V + \pi r^2 z + \pi r a^2 \sin\tau; \qquad (1)$$

hierin bedeutet $V = \pi r^2 h_0$ das Volumen des Zylinders, $a^2 = 15{,}4\ \mathrm{mm}^2$ die Oberflächenspannung des Wassers, $\tau$ den Winkel der Tangentialebene an die Flüssigkeitsoberfläche im Punkt $P$ gegen die Horizontale und $z$ die Entfernung der oberen Zylinderbasisfläche von der Niveauebene der ungestörten Flüssigkeit. $z$ hängt in komplizierter Weise, die aus der Kapillaritätstheorie, speziell der Theorie der Adhäsionsplatten sich ergibt, mit dem Winkel $\tau$ zusammen. Die Beziehung läßt sich in expliziter Form nicht angeben, aber schon Poisson[1]) hat für zwei extreme Fälle eine Annäherung berechnet, nämlich für den Fall, daß $r$ (der Radius der Adhäsionsplatten in der Poissonschen Untersuchung) sehr groß, und für den Fall, daß $r$ sehr klein gegen $a$ sei. Der letztere Fall kommt für die praktisch benutzten Adhäsionsplatten nicht in Betracht, wohl aber können wir uns hier die angenäherte Form zunutze machen, da bei den Schwimmversuchen in der Tat die der Größe $r$ entsprechende Dimension immer sehr klein gegen $a$ ist. Die Beziehung lautet[1]):

$$z = r \sin\tau \left\{ \lg \frac{2a\sqrt{2}}{r(1+\cos\tau)} - c \right\}, \qquad (2)$$

wenn $c$ die Eulersche Konstante $= 0{,}57722$ ist.

Der kleine Zylinder wird schwimmen können, wenn sein Gewicht $\pi r^2 h_0 s$ nicht größer ist, als der Auftrieb (1) für einen physikalisch möglichen Wert von $\tau$ werden kann. Aus Fig. 1 erkennt man leicht, daß $\tau$ jedenfalls kleiner sein muß als der Randwinkel $\vartheta$, den die Flüssigkeit am festen Körper in Gegenwart von Luft bildet. Denn würde $\tau \geqq \vartheta$ werden, so würde die Flüssigkeit über den Rand hinweg auf die noch nicht benetzte Fläche des festen Körpers treten können, und das Gleichgewicht wäre günstigenfalls labil.

Wir wollen weiterhin annehmen, unseren Versuchen entsprechend, daß $\vartheta < 90°$ ist. Dann können wir sagen:

Die Bedingung dafür, daß der Zylinder in

1) Poisson, Nouvelle Théorie de l'Action capillaire. Paris 1831, S. 226 ff. Zur Prüfung seiner Formel berechnet er das Gewicht des Wassers, das ein Zylinder mit dem Radius $r = 1{,}34$ mm im Moment des Abreißens beim Aus-dem-Wasser-ziehen zu heben vermag, und findet gute Übereinstimmung mit dem experimentellen Ergebnis eines Versuches von Gay Lussac an einem solchen Zylinder. Größere Abweichung findet er bei der Anwendung seiner Theorie auf einen Zylinder mit dem größeren Radius 2,89 mm, wie zu erwarten war.

1) Poisson, l. c., S. 240. — Lohnstein, Ann. d. Phys. **25**, 807, 1908 gibt die Formel nicht richtig an, es fehlt bei ihm sowohl in Formel (2) auf S. 809 wie in der ersten Formel auf S. 810 ein Faktor, der dem $\sin\tau$ in unserer Schreibweise entspricht.

der in Fig. 1 gezeichneten Lage schwimmt, ist die: es muß die Gleichung

$$V(s-1) = \pi r^2 z + \pi r a^2 \sin \tau \qquad (3)$$

durch einen reellen Wert von $\tau < \vartheta < 90^0$ befriedigt werden können.

Diese Bedingung läßt sich für manche anders geformte Körper sehr leicht erweitern. Es sei (Fig. 2) ein Körper mit beliebig vielen

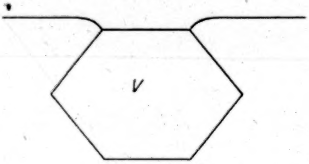



Fig. 2.

kleinen ebenen Flächen, die unter stumpfem oder rechtem Winkel aneinanderstoßen, auf Wasser gebracht, so daß nur noch eine ebene Fläche vom Inhalt $O$ und der Umrandung $U$ von Flüssigkeit frei ist; es sei ferner angenommen, daß die Mittelpunktsnormale dieser Fläche durch den Schwerpunkt des homogenen Körpers, also auch durch den Auftriebsmittelpunkt hindurchgehe, so daß keine Drehmomente auftreten, wenn die Fläche horizontal liegt. Der Körper wird schwimmen, wenn die Gleichung

$$V(s-1) = Oz + \frac{U}{2} a^2 \sin \tau \qquad (3')$$

durch ein $\tau < \vartheta$ befriedigt werden kann; zwischen $z$ und $\tau$ besteht eine Beziehung, die in erster Annäherung durch Gleichung (2) mit $r = \frac{U}{2\pi}$ ersetzt werden kann.

Die Lösung $\tau$ der Gleichung (3) läßt sich am einfachsten finden, wenn man eine Tabelle berechnet, in der der Ausdruck

$$\pi r^2 z + \pi r a^2 \sin \tau$$

für verschiedene $r$ und $\tau$ eingetragen ist. Man kann aus ihr zu einem bekannten Gewicht $V \cdot s$, also dem bekannten Wert

$$V(s-1) = \pi r^2 z + \pi r a^2 \sin \tau,$$

für ein bestimmtes $r$ den Winkel $\tau$ durch Interpolation entnehmen. Ich habe eine solche Tabelle für den Fall des Kreiszylinders, an dessen oberer Kante die Flüssigkeit angreift, berechnet und teile sie hier mit (Tabelle 2). Man kann aus ihr ersehen, welche bedeutenden Gewichte infolge des kapillaren Zuges von der Flüssigkeitsoberfläche getragen werden können, sobald $\tau$ (also auch $\vartheta$) und $r$ groß sind.

§ 5. Wir wenden uns nun der zweiten Aufgabe zu, und wollen sie für den Fall behandeln,

Tabelle 2.

$\pi r^2 z + \pi r a^2 \sin \tau$.

| $\tau$ | $r$=0,25 mm | 0,40 | 0,75 | 0,90 | 1,25 | 1,60 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $10^0$ | 2,12 mg | 3,43 | 6,63 | 8,06 | 11,48 | 14,95 |
| 20 | 4,18 | 6,76 | 13,07 | 15,89 | 22,67 | 29,55 |
| 30 | 6,11 | 9,89 | 19,13 | 23,27 | 33,25 | 43,43 |
| 40 | 7,86 | 12,72 | 24,65 | 29,99 | 42,98 | 56,31 |
| 50 | 9,37 | 15,17 | 28,47 | 35,85 | 51,55 | 67,83 |
| 60 | 10,60 | 17,17 | 33,39 | 40,74 | 58,76 | 77,69 |
| 70 | 11,50 | 18,65 | 36,38 | 44,50 | 64,39 | 85,64 |
| 80 | 12,06 | 19,57 | 38,29 | 46,91 | 68,36 | 91,48 |
| 90 | 12,25 | 19,90 | 39,09 | 47,97 | 70,33 | 94,92 |

daß kleine Würfel in das Wasser gleiten, ohne kinetische Energie mitzubringen. Unter der Annahme, daß $\vartheta < 90^0$ und $s > 1$, läßt sich zeigen, daß, wie auch das Würfelchen in die Wasseroberfläche tritt (mit einer Ecke, oder Kante, oder ganzen Fläche), von labilen Gleichgewichtslagen abgesehen, stets, sei es, daß Drehungen stattgefunden haben oder nicht, in einem bestimmten Augenblicke gleichzeitig irgendeine zu einer Kante parallele Gerade $a'$ der Fläche $A$ und die Kante $b$ in die Oberfläche der Flüssigkeit geraten[1]) (Fig. 3). Der Winkel $\varphi$ zwischen der Fläche $B$ und der Horizontalebene muß zwischen 0 und $45^0$ liegen. Aus

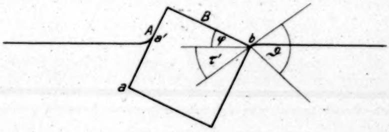



Fig. 3.

Fig. 3 erkennt man leicht, daß, wenn $\varphi > \vartheta - \tau'$, wobei unter $\tau'$ der in diesem Augenblick sich an der Kante $b$ ausbildende Winkel der Flüssigkeitsoberfläche gegen die Horizontalebene bedeutet, die Flüssigkeit über $b$ auf die Fläche $B$ treten wird und das Würfelchen nun untersinken muß. Ist dagegen $\varphi < \vartheta - \tau'$, dann dreht sich der Würfel um die Kante $b$. $\varphi$ nimmt ab bis $0^0$, und der Würfel nimmt die Lage an, für die in § 4 die Bedingung des Schwimmens angegeben ist. Sofort ergibt sich hieraus das erste wichtige Resultat, daß, wie der kleine Würfel auch in die Wasseroberfläche tritt, er sicher immer schwimmen bleiben wird, wenn $\vartheta - \tau' > 45^0$, und er immer untersinken wird, wenn $\vartheta - \tau' < 0^0$ ist.

Wenn, was wir annehmen wollen, jeder Wert von $\varphi$ zwischen 0 und $-45^0$ gleich wahrscheinlich ist, so läßt sich die Wahrscheinlichkeit (= Verhältnis der dem Ereignis günstigen

1) Ausführlicher mitgeteilt a. a. O.

Fälle zu den möglichen) des Untersinkens eines in beliebiger Weise aufs Wasser gelangenden Würfelchens, wenn $0 < \vartheta - \tau' < 45^0$, durch den Ausdruck $1 - \frac{\vartheta - \tau'}{45}$ angeben, also die Wahrscheinlichkeit des Schwimmens durch $\frac{\vartheta - \tau'}{45}$. Nun ist es sehr schwer, den Wert von $\tau'$, der zweifellos von $\varphi$ abhängt, genau anzugeben. Jedenfalls wird $\tau'$ größer sein müssen als die Lösung $\tau$ der Gleichung (3'), denn der resultierende Zug nach unten ist bei der Lage in Fig. 3 größer als bei der in § 4 angenommenen. Setzen wir also in dem Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit die Lösung $\tau$ an Stelle von $\tau'$ ein, so wird die berechnete Wahrscheinlichkeit des Schwimmens größer ausfallen als die wirklich vorhandene. Wir können indessen in Annäherung sagen: Ist $\vartheta - \tau > 45^0$, so müssen die Würfelchen schwimmen; ist $\vartheta - \tau < 0^0$, so müssen sie untersinken, wie sie auch auf das Wasser gebracht werden; ist $0 < \vartheta - \tau < 45^0$, so hängt die Möglichkeit des Schwimmens von der zufälligen Anfangsorientierung des Würfelchens ab, das Schwimmen wird um so wahrscheinlicher sein, je größer $\vartheta - \tau$ ist.

Die Schwierigkeit der Berechnung des Winkels $\tau'$, die schon in dem vorliegenden einfachen Beispiel nur eine angenäherte Berechnung der Wahrscheinlichkeit gestattet, tritt natürlich bei jeder Form auf. Wir müssen daher auf ein allgemein gültiges, exaktes Maß für die Wahrscheinlichkeit verzichten. Als angenähert richtiges Maß wird man auch bei Körpern anderer Form den Ausdruck $(\vartheta - \tau)$ betrachten dürfen, auf den wir in dem speziellen Fall geführt worden sind, wenn nur die die Oberfläche des Körpers ausmachenden Flächenstücke mit stumpfen oder rechten Winkeln aneinanderstoßen. Unter $\tau$ ist auch in diesem allgemeinen Fall die Lösung der Gleichung (3') zu verstehen.

§ 6. Bei Anwendung dieser Betrachtungen auf die experimentellen Ergebnisse stoßen wir nun sogar auf die Unmöglichkeit, den Winkel $\tau$ selbst exakt zu berechnen. Nicht allein haben die Körnchen sehr unregelmäßige Form, sie sind auch nicht einmal gleich groß. Wir kennen also die Bestimmungsstücke des Winkels $\tau$ in Gleichung (3') nicht genau. Wir müssen uns daher mit einer ziemlich rohen Annäherung begnügen, indem wir irgendeine plausible Annahme machen über den Zusammenhang zwischen dem für die Rechnung in Betracht kommenden Mittelwert der Umrandung $U$ der nicht benetzten Flächenstücke und der uns allein zur Verfügung stehenden Korngrößengrenzwerte, und weiter eine Annahme über die Beziehung zwischen dem Volumen $V$ und den Korngrößengrenzwerten. Wir wollen $U = 4d$ und $V = d^3$ setzen, wenn $d$ die lichte Weite des die Teilchen hindurchlassenden Siebes bedeutet. Auch für den Inhalt $O$ der Fläche mit der Umrandung $U$ müssen wir eine bestimmte Annahme machen. Da freilich das erste Glied der rechten Seite von Gleichung (3') gegen das zweite sehr klein ist, ist es ziemlich gleichgültig, welche Annäherung wir für $O$ wählen. Wir wollen

$$O = \left(\frac{U}{2\pi}\right)^2 \pi = \frac{4d^2}{\pi}$$

setzen; diese Annahme bietet den Vorteil, daß wir die für den Kreiszylinder berechnete Tabelle 2 benutzen können, wenn wir das $r$ in der Tabelle $= \frac{U}{2\pi} = \frac{2d}{\pi}$ wählen.

Die Wahl von $U$ und $V$ würde in dem Fall, daß die Körnchen sämtlich Würfel wären, bedeuten, daß nur die größten Würfel berücksichtigt werden sollten; sie würde infolgedessen ein zu großes mittleres $\tau$ ergeben, eine zu geringe Wahrscheinlichkeit des Schwimmens. Trotzdem scheint mir das Verfahren gerechtfertigt; 1. ist $\tau$ kleiner als das eigentlich geforderte $\tau'$, 2. haben bei der Messung des Schwimmvermögens, das durch Wägung gefunden wurde, die größten Körner den bedeutendsten Einfluß auf das Resultat und 3. haben wir es tatsächlich nicht mit Würfeln zu tun; wenn aber a) die Körnchen z. B. länglich sind, so können durch das Sieb mit der Maschenweite $d$ Körner fallen, die schwerer sind als $d^3 s$ und mit einer Fläche vom Umfang $4d$ an der Oberfläche vom Wasser gehalten werden müssen, wenn sie schwimmen sollen; dann ist die linke Seite der Gleichung (3') mit $d^3(s-1)$ zu klein in Anrechnung gebracht, $\tau$ würde zu klein gefunden werden; und wenn b) die Körnchen ganz unregelmäßig sind und das Gewicht der Teilchen doch ungefähr $d^3 s$ ist, so werden die Flächen, an denen die Körnchen in der Wasseroberfläche gehalten werden können, einen bedeutend kleineren Umfang als $4d$ haben; wir haben $\sin \tau$ also mit einem zu großen Faktor versehen, auch dann wird $\tau$ zu klein ausfallen[1]).

In Tabelle 3 sind die Resultate der Theorie mit den Messungen des Schwimmvermögens zusammengestellt. Es ist der Übersichtlichkeit halber nur das Material aufgenommen, an welchem das Schwimmvermögen bei verschiedenen Korngrößen gemessen wurde. Der Wert von

1) Wenn man übrigens andere plausible Annahmen über die Beziehung zwischen $d$, $U$ und $V$ macht, etwa $U = 4d_1$ und $V = d_1^3$ setzt, worin $d_1$ das Mittel der Korngrößengrenzwerte darstellt, so kommt man auf ähnlich befriedigende Übereinstimmung.

Tabelle 3.

| Korngröße: | 0,1—0,65 mm | | 0,66—1,5 | | 1,5—2,5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | $S$ | $\vartheta-\tau$ | $S$ | $\vartheta-\tau$ | $S$ | $\vartheta-\tau$ |
| Bleiglanz . . . | 99 | 68 | 53 | 44 | 4 | — |
| Zinkblende . . | 97 | 69 | 56 | 59 | 7 | 38 |
| Quarz . . . . . | 78 | 55 | 37 | 49 | 3 | 38 |
| Kalkspat . . . . | 56 | 44 | 23 | 38 | 11 | 27 |
| Tonschiefer . . | 6 | 10 | 2 | 3 | 1 | — |
| Grauwacke . . | 2 | — | 1 | — | 0 | — |
| Sandstein . . . | 1 | — | 1 | — | 0 | — |

$\tau$ wurde aus Tabelle 2 in folgender Weise entnommen. Es wurde gebildet $0{,}65^3\,(s-1)$, bzw. $1{,}5^3\,(s-1)$, bzw. $2{,}5^3\,(s-1)$, in der Spalte $r=0{,}4$, bzw. 0,9, bzw. 1,6 dieses Gewicht aufgesucht und der zugehörige Winkelwert $\tau$ entnommen.

Die Tabelle zeigt einen ausgesprochenen Parallelismus zwischen $\vartheta-\tau$ und dem Schwimmvermögen, wie es unsere Betrachtungen fordern. Ganz zweifellos bestätigen also die Versuche die dargelegte Theorie befriedigend, durch die das Schwimmvermögen kleiner Körper auf Wasser, die schwerer als Wasser sind, auf die bekannten Kapillaritätserscheinungen zurückgeführt wird.

Zusammenfassung: 1. Es wurde experimentell und theoretisch gezeigt, daß die Wahrscheinlichkeit des Schwimmens kleiner Körper auf Wasser, die schwerer als Wasser sind, in erster Linie durch die Größe der Winkeldifferenz $\vartheta-\tau$ bestimmt wird, wenn $\vartheta$ der Randwinkel ist und $\tau$ den aus Gleichung (3') sich ergebenden Wert hat.

2. Es wurden die Randwinkel einer Reihe von Mineralien gegen Wasser mitgeteilt.

Clausthal, März 1914, Phys. Inst. d. Kgl. Bergakademie.

(Eingegangen 29. März 1914.)

## Über die Schichtung in reinen Gasen und ihre Beeinflussung durch Verunreinigungen.

Von Paul Neubert.

Die Frage, ob und welche reinen Gase Schichtung in der positiven Säule zeigen, ist noch immer nicht vollständig beantwortet.[1]) Die Versuche von Gehlhoff[2]) in Stickstoff und Helium ergaben, daß in diesen bei weitgehender Reinigung durch eine Kaliumzelle keine Schichtung mehr möglich ist. Ich habe nachgewiesen,[3]) daß Spuren von Sauerstoff die Schichtung in Wasserstoff weitgehend beeinflussen und das Druckgebiet, in dem Schichtung auftritt, nach oben hin vergrößern. Ich sprach damals die Vermutung aus, daß auch andere elektronegative Gase, z. B. Jod und Brom, denselben Einfluß zunächst auf Wasserstoff haben müßten. Die nachstehend angeführten Experimente bestätigen dies und zeigen, daß ebenso in anderen reinen Gasen Sauerstoff in erster Linie für die Schichtung verantwortlich ist.

Um zu eindeutigen Resultaten zu kommen, war Hauptforderung, möglichste Reinheit beider Komponenten, des Hauptgases und der zugefügten Verunreinigung. Alle Versuche wurden in einer Röhre vom Radius $r=10{,}5$ mm (Entladungslänge 20 bis 50 cm) mit Platin-Anode (Scheiben von 16 mm Durchmesser) und Glühkathode gemacht. Zu letzterer wurde teils Tantal[1]) teils Calciumoxyd verwandt. Die Röhre wurde in der üblichen Weise durch Erhitzen im Ofen auf $375^0$ und starke Belastung gereinigt. Es kamen Drucke von 3 mm $Hg$ abwärts und Stromdichten von ca. 0,001 bis 0,05 Amp. $\mathrm{cm}^{-2}$ (3 bis 160 Milliamp.) in Betracht. Wegen der Zuführung von anderen Gasen ließen sich Hähne leider nicht ganz vermeiden, doch waren sie, soweit es der Versuch erlaubte, durch Kühlung mit flüssiger Luft von der Entladungsröhre getrennt, ebenso die Pumpe und das Manometer.

### Wasserstoff.

Zunächst wurde die Frage geprüft, ob reiner Wasserstoff noch Schichtung zeigt. Hierzu konnte unterhalb der Glühkathode Kalium in die Röhre hineindestilliert und eine gesonderte Glimmentladung bei höheren Temperaturen zur Reinigung angelegt werden. Der Wasserstoff wurde nach der schon beschriebenen Methode[2]) durch Palladium eingeleitet. Es erschien, ohne jede weitere Reinigung durch längeres Durchströmen, die „weite rote Schichtung"[3]), da sämtlicher Sauerstoff sofort gebunden wurde. Die enge blaue, die dem Goldsteinschen Gesetz $l=1{,}9\cdot\dfrac{r^{(1-m)}}{p^m}$ $(m=0{,}522)$ folgt, konnte nicht entstehen. Die Schichtung war einförmig rot; der blaue Saum, der auch bei den weiten roten Schichten meist noch vorhanden ist (Doppelschicht), verschwand. Weiter änderte sich aber trotz Glimmentladung und langem Stehen nichts. Die Längenmessung ergab denselben Verlauf wie Kurve 1 der Tafel IIIB.[4]).

1) R. Seeliger, Jahrbuch d. Rad. u. Elektr. **7**, 534, 1910.
2) G. Gehlhoff, Verh. d. D. Phys. Ges. **14**, 965, 1912.
3) P. Neubert, Ann. d. Phys. **42**, 1487, 1913.

1) J. E. Lilienfeld, Ann. d. Phys. **43**, 38, 1914.
2) P. Neubert, s. o. S. 1458.
3) Desgl. s. ob. S. 1464 u. 1477.
4) P. Neubert, s. o. S. 1481.

Nur war die Schichtlänge etwas größer, doch war das Minimum vorhanden. Wir kommen zu dem Schluß, daß Wasserstoff auch bei größter Reinheit Schichtung zeigt, die den oben erwähnten Verlauf: ziemliche Konstanz der Länge mit einem flachen Minimum bei 0,3 mm *Hg* hat.

### Jodzusatz.

Nach meiner Vermutung mußten analog dem Sauerstoff auch andere elektronegative Gase, wie Jod und Brom, die weite rote Schichtung in die enge blaue verwandeln. Um dies zu prüfen, war an der Gaszuleitung ein Gefäß angeschmolzen, in dem sich mehrfach destilliertes Jod befand. Das Gefäß konnte auf verschiedene Temperaturen gebracht und so der Dampfdruck und damit die prozentische Verunreinigung des Wasserstoffs geändert werden. Für gewöhnlich war das Jodgefäß in flüssige Luft getaucht. Es wurde nun so verfahren, daß zunächst die rote Schichtung vorhanden sein mußte. Dann wurde bei gewünschtem Druck das Jodgefäß in das betreffende Bad gebracht und nun 10 Min. stehen gelassen. Zeigte sich darauf nach Abschließen des Jodgefäßes beim Auspumpen keine Beeinflussung der roten Schichten, d. h. war noch ein deutliches Minimum der Schichtlänge bei ca. 0,3 mm Hg vorhanden, so nahm ich keine Wirkung an. Es wurde, wenn eine Einwirkung nachgewiesen war, ein Kontrollversuch in reinem Wasserstoff, bei Jod in flüssiger Luft angestellt.

Als Dampfdruck des Jods nahm ich die von Schmidt[1]) angegebenen Werte. Etwaige Extrapolationen habe ich nach der von Cuthbertson[2]) für Brom gegebenen Beziehung $p = a \cdot b^T$, die wohl ebenso für Jod gilt, berechnet. Es ergibt sich aus den Daten von Schmidt bei $J_2$ für $a = 3{,}735 \cdot 10^{-15}$, für $b = 1{,}114$. Meistens wurde aber bei den von Schmidt angegebenen Temperaturen von $-41^0$ und $-21^0$ gearbeitet, außerdem noch bei $-82^0$. Jod in flüssiger Luft oder fester Kohlensäure mit Alkohol hat keinen Einfluß. Dies entspricht bei einem Wasserstoffdruck von 0,1 mm *Hg* und einem extrapolierten Dampfdruck des Jods von $3{,}2 \cdot 10^{-6}$ bei $-82^0$ einer prozentischen Verunreinigung von 0,003 Proz. Doch schon bei 0,006 Proz. erscheint die enge blaue Schichtung. Wir haben also hier einen noch stärkeren Einfluß als bei Sauerstoff. Die Schichtung ist in ihrem Aussehen und ihrer Länge ganz analog den schon beschriebenen engen blauen. Sie folgt dem Goldsteinschen Gesetz mit denselben Konstanten. Bei größeren Verunreinigungen beginnt die Schichtung ebenfalls bei höheren Drucken. Es treten auch Schichtpaare auf. Wenn man zu starken Verunreinigungen etwa 0,9 Proz. und darüber übergeht, zeigt sich eine Änderung. Das Blau der Entladung verwandelt sich in Grün. Die erste Schicht wird grün, ebenso die 1. Schicht eines Schichtpaares grünlich. Größere Verunreinigungen wurden nicht untersucht.

Brom zeigt bei der Temperatur der flüssigen Luft keinen Einfluß; dies entspricht einer Verunreinigung von 0,015 Proz. Weitere Versuche mit Brom wurden nicht ausgeführt, da Kältebäder von unter $-100^0$ hätten angewandt werden müssen, wozu ein größerer Umbau der Apparatur erforderlich gewesen wäre. Auch ist wohl der gleiche Einfluß von Brom anzunehmen. Es ergibt sich also, daß elektronegative Gase im Wasserstoff die Schichtung in dem Sinne ändern, daß das Goldsteinsche Gesetz für die Schichtlänge herauskommt.

### Stickstoff.

Der Stickstoff war in einer besonderen Anlage, die von Herrn Augustin in einer demnächst erscheinenden Leipziger Dissertation beschrieben wird, aus Natrumnitrit, Ammoniumsulfat und Kaliumbichromat hergestellt. Es wurde aus meinem Vorratsgefäß, das durch einen Schliff an meine Anordnung angeschlossen wurde, durch eine in flüssige Luft tauchende Kapillare entweder direkt oder durch eine Kaliumzelle nach Gehlhoff, die wieder durch Kühlung vom Entladungsrohr getrennt war, in dieses eingeleitet. Man konnte durchströmen lassen.

Es zeigten sich dieselben Erscheinungen, wie bei Gehlhoff.[1]) Die Schichtung ging bei größter Reinheit fort, d. h. sie erschien nur noch bei ganz geringen Stromstärken unter 15 Milliamp. in einem Druckbereich von 0,9 bis 0,1 mm *Hg* Nur bei niedrigen Stromstärken ist Schichtung bei geringen Verunreinigungen möglich. Die Schichtung ist nach meinen Beobachtungen nur in dem Stromgebiet möglich, indem die Entladung rot aussieht. Stickstoff zeigt bei größeren Stromdichten eine wundervoll goldgelbe Farbe.[2]) Je reiner der Stickstoff, bei umso kleineren Stromdichten tritt diese gelbe Färbung, die nur in einem Stärkerwerden der gelben und grünen Banden besteht, auf. Die Schichtung ist dann fast ganz verschwunden; es sind höchstens 2 verwaschene Schichten an der Kathode da. Ich beobachtete auch manchmal rötliche

1) Landolt und Börnstein, Phys. Chem. Tab. 4. Aufl., S. 374, 1912.

2) Cl. Cuthbertson und M. Cuthbertson, Proc. Roy. Soc. S. 307, 1911.

1) G. Gehlhoff, vgl. oben S. 965.

2) G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. (4) **1**, 628, 1900 u. E. Goldstein, Verh. d. D. Phys. Ges. **2**, 110, 1900.

Färbung mit schwacher Schichtung an den Elektroden, in der Mitte dagegen war die positive Säule gelb und ungeschichtet. Dies kommt wohl von den von den Elektroden abgegebenen Verunreinigungen. In der schon oben beschriebenen Röhre mit Kaliumfüllung verschwand die Schichtung vollständig. Im ganzen Strom-Druckintervall von 5 bis 150 Milliamp. und von 2 mm *Hg* an war die Entladung dann goldgelb und ungeschichtet. Die rote Färbung bei geringen Stromstärken scheint also von kleinen Verunreinigungen abzuhängen.

### Wasserstoff und Sauerstoffzusatz.

Es wurde nun Wasserstoff und Sauerstoff in bekannten Mengen zugefügt. Das Gas mußte zunächst rein sein, d. h. über 20 Milliamp. keine Schichtung zeigen. Wasserstoff hat nur ganz geringen Einfluß. Bis zu 10 Proz. Zusatz läßt kaum das Stromgebiet wachsen, in dem die Schichtung schwach sichtbar ist. $H_\alpha$ und $H_\beta$ sind nicht zu sehen. Erst bei ca. 20 Proz. zeigen sich die Linien und die Schichtung nimmt zu. Die gelbe Färbung wird zurückgedrängt und die Schichtlänge nimmt den charakteristischen Verlauf der „weiten roten Schichtung" in Wasserstoff an.

Bei Sauerstoffzusatz, der durch Erhitzen von chemisch reinem Kaliumpermanganat im Vakuum hergestellt wurde (zur Trocknung durch eine Kühlschlange in flüssige Luft geleitet), zeigte sich ein ganz anderes Bild. Hier beginnt schon bei ca. 2 Proz. der Einfluß. Die Schichtbildung wird ausgesprochener, das Druckintervall vergrößert sich nach kleineren Drucken, die Farbe wird weißlicher und die gelbe Färbung erscheint erst bei Stromstärken von 50 Milliamp. aufwärts. Zugleich zeigt sich, wenn auch schwach, die grüne Linie bei 5331. Bei 10 Proz. ist die Schichtung sehr deutlich und schön. Hier tritt die rote Färbung schon sehr zurück. Bei 22 Proz., also ungefähr Luftzusammensetzung, zeigt sich bei 2 mm *Hg* eine grünblaue starke Fluoreszenz, die die nicht sehr lichtstarke rötliche positive Säule umgibt, vielleicht durch Bildung von Stickoxyd veranlaßt. Dann ist die Stickstofffärbung ganz verschwunden, die Banden sind nur noch schwach zu sehen, dagegen ausgesprochene Schichtung, die in ihrer Länge dem Goldsteinschen Gesetz folgt. Die erste Schicht ist mit einem zartblauen Schleier umgeben. Wir sehen also, daß reiner Stickstoff keine Schichtung liefert, dagegen Sauerstoff in geringen Mengen sie besonders leicht ermöglicht.

### Sauerstoff.

Nach dem Einfluß auf Stickstoff war zu vermuten, daß reiner Sauerstoff auch Schichtung zeigt, doch dem ist nicht so. Man erhält im ganzen Druck-Stromgebiet keine Schichtung. Bei Sauerstoff beobachtet man eine Erscheinung, die soviel ich weiß, noch nicht erwähnt ist. Bei ca. 2 mm *Hg* und darüber hört Sauerstoff auf zu leuchten, während wir Stromdichten von 0,01 Amp. $cm^{-2}$ (50 Milliamp.) haben, und ein kontinuierlicher Strom durchfließt. Bei passendem Glühen der Kathode kann auch das zunächst noch leuchtende Glimmlicht vollständig zum Verschwinden gebracht werden, so daß wir eine einheitlich dunkle Entladung haben. Bei stärkeren Strömen zeigt sich ein schwaches Leuchten, ebenso bei Induktorentladungen. Man braucht sehr hohe Spannungen zum Betrieb. Bei abnehmendem Druck beginnt dann das äußerst schwache Leuchten.

Es liegt nahe, diese interessante Erscheinung als Gegenbeispiel zu den schon bei ganz hohen Drucken und niedrigen Potentialen leuchtenden Edelgasen anzuführen. Aus den Arbeiten von Franck und Hertz[1]) wissen wir, daß in den Edelgasen Elektronen ohne Energieverlust an Molekülen reflektiert werden können und so auf mehreren freien Weglängen die Ionisierungsspannung oder auch noch größere Energien erreichen können. Bei dem elektronegativen Sauerstoff dagegen wird jedes stoßende Elektron sofort angelagert und erreicht auf einer freien Weglänge höchstens die Geschwindigkeit, die zur Ionisation nötig ist. Wenn wir auch über den Vorgang des Leuchtens nicht im klaren sind, so geht aus dem oben Gesagten hervor, daß die zum Leuchten nötige Energie leichter in elektropositiven, als in elektronegativen Gasen von den Elektronen gesammelt werden kann, gemäß den Versuchen. Bedenkt man ferner, daß in einer geschichteten Entladung eigentlich nur die Dunkelräume das Merkwürdige sind, so ist dieses Verhalten einer ganzen positiven Säule in einem definierten Gase, dessen elektrische Eigenschaften bekannt sind, um so bemerkenswerter. Wir müssen den Dunkelräumen in der positiven Säule jedenfalls ähnliche elektrische Eigenschaften zuschreiben, wie der dunklen Sauerstoffentladung.

### Wasserstoffzusatz.

Es wurden nun Verunreinigungsversuche mit Wasserstoff gemacht. Es ergab sich, daß schon von etwa 0,4 Proz. aufwärts Wasserstoff Schichtung hervorbringt. Die Schichtung folgt in ihrer Länge dem Goldsteinschen Gesetz, nur sind die Schichten etwas länger. Genauere Messungen wurden nicht angestellt. Das Druckgebiet

1) J. Franck u. G. Hertz, Ber. Phys. Ges. **15**, 373 u. 613, 1913 u. **16**, 12f. 1914.

wird nach oben hin bei wachsendem Wasserstoffgehalt größer, z. B. bei 9,3 Proz. setzt die Schichtung bei ca. 1,6 mm *Hg* ein. Bei diesen Drucken, wo reiner Sauerstoff bei Stromstärken von 5 Milliamp. kein Leuchten zeigt, leuchtet die Röhre rot mit Wasserstoffspektrum. Dies zeigt sich schon bei ganz geringem Prozentgehalt. Die Röhre wird hier bei Verkleinern der Stromstärke dunkler und dunkler, plötzlich leuchtet bei ganz geringen Stromstärken die Röhre rot im Wasserstofflicht. Man muß dies wohl so deuten, daß die Elektrodenspannung für eine selbständige Entladung im Sauerstoff nicht mehr ausreicht, dagegen im Wasserstoff, so daß, sobald der Strom im Sauerstoff erlischt, der Wasserstoff allein die Stromleitung übernimmt und leuchtet.

Meistens wird der Wasserstoff rasch aufgebraucht, so daß die rote Färbung in die weißliche des Sauerstoffs übergeht. Es verschwindet dann auch die Schichtung. Nach kleineren Drucken hin wird das Stromgebiet der Schichtung kleiner, so daß den höchsten Drucken auch das größte Stromintervall bis zu 100 Milliamp. und darüber entspricht.

Es zeigt also auch reiner Sauerstoff keine Schichtung, während geringe Wasserstoffverunreinigung sie hervorbringt.

### Quecksilber.

Ob Quecksilber Schichtung aufweist, darüber liegen nur Arbeiten von Schuster[1]) vor, von denen mir leider nur eine zur Verfügung stand. Er verneint die Möglichkeit in reinem sauerstofffreien Quecksilber, doch schien eine Nachprüfung nicht uninteressant.

In die Röhre, die mit einer Tantalglühkathode ausgestattet war, wurde nach der üblichen Reinigung schon vorher im Vakuum destilliertes Quecksilber bei laufender Pumpe hineindestilliert. Die Röhre wurde dann von der Pumpe abgeschlossen, einmal auch abgeschmolzen und in einem Paraffinölbad bis auf $150^0$ erhitzt. Dort beträgt der Dampfdruck nach Knudsen[2]) 2,80 mm. Es zeigten sich nun nach der Kathode zu 3 bis 4 Schichten, die dem Goldsteinschen Gesetz folgten. Die übrige Säule war ungeschichtet im ganzen Druck-Stromgebiet. Die 4. Schicht war meist schon so verwaschen, daß man sie kaum unterscheiden konnte. Glühte man die Tantalkathode so stark, daß das Glimmlicht, das im Gegensatz zu Schusters Beobachtungen gut ausgebildet war, verschwand und die positive Säule bis zur Kathode heranrückte, so verschwand die Schichtung vollständig. Da diese Erscheinung (nämlich ein Verschwinden der Schichtung beim Heranrücken der positiven Säule) bei Wasserstoff niemals eintritt, außerdem die Schichten genau so wie die in Wasserstoff mit Sauerstoffverunreinigung aussehen (man hat eine der ersten Schicht schwach blaue vorgelagerte, außerdem erhielt ich Schichtpaare als dritte und vierte bei mittleren Drucken und die Länge folgt dem Goldsteinschen Gesetz), so glaube ich, daß diese Andeutung von Schichtung nur durch geringe Sauerstoffabgabe der durch die Tantalelektrode und das Heizbad sehr stark erhitzten Glaswände an der Kathodenkugel verursacht ist, und daß Quecksilber an sich keine Schichtung gibt. Gestützt wird diese Ansicht dadurch, daß, wenn man Luftreste im Rohr hat, man sehr schön ausgeprägte Schichtung erhält, die dem Goldsteinschen Gesetz folgt und sich noch zu tieferen Drucken bei größerer Schichtlänge als in Wasserstoff erstreckt. Interessant war folgende Beobachtung: die Abschmelzstelle war gesprungen, so daß Luft von ca. 3 bis 4 mm *Hg* eingeströmt war; die Röhre leuchtete bei Erwärmung trotzdem nur mit den Quecksilberlinien und zeigte eine ganz enge Schichtung von 2 mm. Die Elektrodenspannung ist ebenfalls äußerst gering, analog dem niedrigen Gradienten, wie ihn Heuse[1]) beobachtet hat. Dies ist wohl die Folge der niedrigen Ionisationsspannung des Quecksilbers, die zwar noch nicht gemessen aber vermutet wird.

Da aus äußeren Umständen die Arbeit abgeschlossen werden mußte, so konnte leider eine Wiederholung der Versuche in Quecksilber und geplante Versuche in Jod und Brom nicht mehr ausgeführt werden.

Jedenfalls ergibt sich aus diesen Versuchen, daß die Schichtung mit Ausnahme des Wasserstoffs, bei dem die Sachen jedenfalls nicht so einfach liegen und auch die Gesetze der Schichtlänge und des Potentials andere sind, stets dann einsetzt, wenn wir zwei in ihrem elektrischen Verhalten möglichst verschiedene Gase haben; hierbei dürfte die Elektronenaffinität ausschlaggebend sein. Die Schichtung folgt dann stets in ihrer Länge dem Goldsteinschen Gesetz. Messungen des Schichtpotentials dürften weitere interessante Ergebnisse liefern.

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 319, 1884 u. Repr. Brit. Assoc. Glasgow 1901.
2) M. Knudsen, Ann. d. Phys. **29**, 193, 1909.

1) W. Heuse, Ann. d. Phys. **5**, 676, 1901.

Leipzig, Physikalisches Institut der Universität, Ende März 1914.

(Eingegangen 29. März 1914.)

## Messung der Absorption und Reflexion von β-Teilchen durch direkte Zählung. (Absorption and Reflection of β-Particles, measured by direct Counting.)

Von
Alois F. Kovářík und Louis W. McKeehan.

Einleitung. Die Untersuchungen über die Absorption und Reflexion von β-Teilchen wurden bisher vorwiegend nach der Ionisationsmethode ausgeführt. Vermittels dieser Methode hat man festgestellt, daß die β-Teilchen vieler radioaktiver Substanzen nach einem Exponentialgesetz absorbiert werden; daß diese exponential absorbierten β-Teilchen sehr verschiedenes Durchdringungsvermögen haben; daß β-Teilchen beim Durchgang durch Materie zerstreut und gebremst werden; daß β-Teilchen von Materie „reflektiert" werden, wobei die Anzahl der reflektierten Teilchen von dem „reflektierenden" Medium und von der Geschwindigkeit der β-Strahlung abhängt[1, 2, 3]). Die Absorption der vom aktiven Niederschlag des Radiums ausgesandten β-Teilchen ist ferner noch durch Messung der von den β-Teilchen durch Materie hindurchtransportierten Ladung bestimmt worden[4, 5]), und die so gefundene Absorption des Glases[6]) bestätigt die Ergebnisse der Ionisationsmethode. Solche Messung der Ladung müßte genaue Resultate für die Anzahl der durchgelassenen β-Teilchen ergeben, doch ist die Methode nicht sehr empfindlich und auf radioaktive Präparate von üblicher Stärke nicht anwendbar.

Will man die Resultate aus der Ionisationsmethode in Anzahlen von β-Teilchen ausdrücken, so entstehen Schwierigkeiten durch die Unsicherheit der Korrektion für die Änderung des Ionisierungsvermögens mit der Geschwindigkeit. Wenn auch Wilson[7]) gefunden hat, daß innerhalb eines bestimmten Bereiches die Ionisation sich umgekehrt proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit ändert, ist doch die Anwendbarkeit dieses Gesetzes auf große Geschwindigkeiten noch nicht experimentell bestätigt, wodurch die Beziehung einer bestimmten Ionisation auf eine zugehörige Anzahl von β-Teilchen unbefriedigend erscheint.

Eine direkte Messung der Zahl von β-Teilchen, die Substanzen durchdringen oder an ihnen reflektiert werden, ist durch eine kürzlich erschienene Arbeit von Geiger[1]) möglich geworden. Unter Anwendung seiner Methode haben wir einige Ergebnisse der Ionisationsmethode bezüglich Absorption und Reflexion von β-Teilchen durch Elemente mit sehr verschiedenen Atomgewichten nachgeprüft.

Methode. Geigers Methode beruht auf der Tatsache, daß an einer scharfen Spitze, deren Potential eben unterhalb der zur Erzeugung kontinuierlicher Entladung erforderlichen Spannung gehalten wird, eine momentane Entladung erfolgt, sobald in ihrer Nähe ein paar Ionen erzeugt werden (z. B. durch ein β-Teilchen). Der Stromstoß wird am besten durch ein Saitenelektrometer nachgewiesen, das über einen hohen Widerstand zur Erde abgeleitet ist. Als Entladungsspitze versuchten wir einen feinen Platindraht (Wollastondraht) und eine sehr fein geschliffene Stahlnadel. Letztere eignete sich besser und wurde für die endgültigen Versuche verwandt. Unserer Erfahrung nach ist eine zu scharfe Spitze nicht günstig. Infolgedessen wurden die Spitzen so scharf wie möglich geschliffen und sodann in einer Flamme leicht abgestumpft. Die Nadel wurde axial am Ende eines Messingstabes angelötet, der durch einen isolierenden Ebonitstopfen hindurch in die Messing-Zählkammer hineinragte. Die Spitze befand sich im Abstand von wenigen Millimetern einer runden Öffnung in der entgegengesetzten Seite der Kammer gegenüber. Letztere war ein Zylinder von 1,5 cm Durchmesser und 3 cm Länge; die Öffnung hatte bei den verschiedenen Versuchen einen Durchmesser von 0,3 bis 1,0 cm. Die Zählkammer wurde vermittels einer Batterie in Serie geschalteter Trockenelemente auf einem positiven Potential von 1100 bis 1300 Volt gehalten. Die Nadel war mit dem Faden eines Lutz-Edelmannschen Saitenelektrometers verbunden und über einen hohen Widerstand (Tusche auf Papier)[2]) zur Erde abgeleitet. Die Größe dieses Widerstandes muß so eingestellt werden, daß man an dem benutzten Faden ziemlich große Ablenkungen und schnelle Rückkehr in die Ruhelage erhält.

Bei unseren Versuchen war der Faden nicht besonders fein, der Durchmesser betrug 0,002 cm, aber er erfüllte seinen Zweck in sehr befriedigender Weise. Die Kanten der Elektrometerplatten hatten einen Abstand von etwa 0,15 cm und waren auf ±90 Volt bzw. aufgeladen. Die Ausschläge des Elektrometerfadens waren untereinander nicht ganz gleich, weil einige β-Teilchen in

1) H. W. Schmidt, diese Zeitschr. 10, 6, 1909.
2) Alois F. Kovářík, Phil. Mag. (6) 20, 849, 1910.
3) A. F. Kovářík und W. Wilson, Phil. Mag. (6) 20, 866, 1910.
4) W. Makower, Phil. Mag. (6) 17, 171, 1909.
5) H. G. J. Moseley, Proc. Roy. Soc. (A) 87, 230, 1912.
6) Makower, loc. cit.
7) W. Wilson, Proc. Roy. Soc. (A) 85, 240, 1911.

1) H. Geiger, Verh. d. D. Phys. Ges. 15, 534, 1913.
2) Franz A. Aust, Phys. Rev. 32, 256, 1911; diese Zeitschr. 12, 732, 1911.

schräger Richtung eintraten und in einigem Abstand an der Nadel vorbeigingen. Ein zur Prüfung dieser Erklärung angestelltes Experiment ergab, daß, bei im übrigen gleichen Bedingungen, der Ausschlag in erster Annäherung dem Abschnitt der Bahnstrecke des $\beta$-Teilchens proportional war, von dem aus noch Ionen in das starke elektrische Feld an der Spitze hineingezogen werden konnten. Ein gleicher Effekt ist bei den größeren, durch $\alpha$-Teilchen bewirkten Ausschlägen zu beobachten (siehe Geiger). Wenn die Potentialdifferenz zwischen Nadel und Kammer gering und die mittleren Ausschläge klein waren, so war die Anzahl der unter gegebenen Bedingungen gezählten Ausschläge um 25 Proz. kleiner als bei höherer Spannung und ziemlich großen mittleren Ausschlägen (10–20 Teilstrichen). Es ist demnach wesentlich, durch Probieren die Voltzahl herauszufinden, bei der voraussichtlich alle $\beta$-Teilchen, die durch das Fenster der Zählkammer eintreten, eine bemerkbare Bewegung des Fadens verursachen. Zwischen der niedrigsten Potentialdifferenz, bei der einige in die Zählkammer eintretende $\beta$-Teilchen nachgewiesen werden können, und der Spannung, bei der eine kontinuierliche Entladung eben einzusetzen beginnt, liegt ein Abstand von etwa 100 Volt. Bei Verwendung von Potentialen innerhalb der oberen 50 Volt dieses Bereichs fanden wir keine Änderung in der Zahl der Ausschläge, wenn das Potential variiert wurde. Die Ausschläge wurden durch ein Mikroskop von geringer Vergrößerung beobachtet und durch einmalige Drehung des Hebels eines Umlaufzählers registriert. Die Zeit wurde mit der Stoppuhr gemessen. Die Zählung wurde für jede Versuchsreihe zu verschiedenen Malen wiederholt, um eine hinreichend lange Gesamtzeit der Zählung zu erhalten. Aus der Gesamtzahl der Ausschläge und der Gesamtzeit des Zählens wurde die Anzahl von $\beta$-Teilchen, die in der Minute in die Zählkammer eindrangen, berechnet. Bei den Versuchen mit aktivem Niederschlag des Thoriums, wo für alle Zählperioden, außer der ersten in jeder Versuchsreihe, Korrektionen wegen des Zerfalls vorgenommen werden mußten, erschien es angesichts des Wahrscheinlichkeitsgesetzes der Verteilung logisch, bei Reduktion auf die Beobachtungszeit Null diese Korrektion an der Zeit der Zählung und nicht an dem Betrage der gezählten $\beta$-Teilchen anzubringen, und hiernach wurde bei allen unseren Versuchen mit einer Strahlungsquelle dieses Typus verfahren.

Absorptionsversuche. Bei unseren ersten Versuchen über Absorption der $\beta$-Teilchen legten wir die absorbierende Substanz unmittelbar auf das Fenster der Zählkammer, wie es bei der Ionisationsmethode wesentlich ist (W. Wilson, loc. cit.). Diese Anordnung bietet jedoch folgende Schwierigkeiten: Die absorbierende Substanz zerstreut die $\beta$-Teilchen nach allen Richtungen, auch wenn das auffallende Bündel aus nahezu parallelen Strahlen bestand. Viele dieser zerstreuten Teilchen aber gehen dadurch verloren, daß sie den zylindrischen Rand der Öffnung treffen; denn die Wände der Zählkammer müssen hinreichend dick sein, um $\beta$-Teilchen abzuhalten, und diese Dicke ist von gleicher Größenordnung wie der Durchmesser der Öffnung. Einige Teilchen dringen sehr schräg in die Kammer ein und durchfliegen sie in beträchtlicher Entfernung von der Nadelspitze, wodurch sie nur geringe — vielleicht unmerkliche Ausschläge bewirken. Endlich ist es bei zunehmender Dicke der absorbierenden Schicht möglich, daß ein Teil der zerstreuten Strahlung die Öffnung verfehlt, obgleich er auf die absorbierende Schicht in Punkten auftrifft, die ihr direkt gegenüberliegen. Diese Verluste werden nicht durch Strahlen ausgeglichen, die von anderen Einfallspunkten herrühren, weil solche Strahlen das absorbierende Material in schräger Richtung durchdringen müssen und infolge davon mehr geschwächt werden.

Aus diesen Gründen haben wir eine Anordnung benutzt, bei der die erwähnten Effekte auf ein Minimum reduziert werden konnten. Dies wurde bewirkt, indem man die Strahlungsquelle in beträchlicher Entfernung von der Öffnung der Zählkammer hielt, und die absorbierende Schicht nahe am Ausgangspunkt in den Weg der Strahlung brachte (Fig. 1). Bei dieser Anordnung ist der räumliche Winkel, den die Öffnung begrenzt, für alle Punkte der Strahlungsquelle sowie des absorbierenden Materials derselbe, und außerdem ist dieser Winkel klein, so daß die $\beta$-Teilchen nahe an der Nadelspitze vorüberfliegen. Natürlich ist die Absorption auf einem gegebenen Wege in Luft und einem gegebenen Wege in absorbierendem Material nicht die gleiche, wenn die Reihenfolge beider vertauscht wird; aber der Weg in Luft ist während jedes Versuches der gleiche, und der Fehler, der durch die Änderung der Absorbierbarkeit in Luft infolge der vorhergegangenen Absorption entsteht, ist nicht bedeutend genug, um die obengenannten Vorteile aufzuwiegen.

Als Quelle der $\beta$-Strahlung benutzten wir ein Radium $D$-, $E$-, $F$-Präparat und aktiven Niederschlag des Thoriums. Bei letzterem, der aus einem radiumhaltigen Mesothorpräparat gewonnen war, wurden die Ablesungen erst fünf Stunden nach Entfernung der Emanation vorgenommen, so daß der aktive Niederschlag des Radiums sicher zerfallen war. Die $\beta$-Aktivität

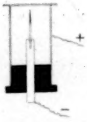



Fig. 1.

wurde sowohl vor wie nach einer etwa sechsstündigen Zählperiode nach der Ionisierungsmethode bestimmt. Aus diesen Aktivitäten wurden die Korrektionsfaktoren für den Zerfall berechnet. Dies Verfahren war nötig, weil sich auch Thorium *X* auf der Platte ansammelte, und zwar bei den verschiedenen Versuchen, je nach der Zeit, während welcher die Platte der Emanation ausgesetzt wurde, in verschiedenem Betrage. Wenn diese Thorium-*X*-Mengen auch gering waren, beeinflußten sie doch die Zerfallsperiode des aktiven Niederschlags merklich. Bei allen Versuchsreihen wurde der gewonnene Wert durch eine zweite Zählung korrigiert, die vorgenommen wurde, während der Durchgang von $\beta$-Teilchen durch dicke Schirme gehindert war. Die Ausschläge bei dieser Korrektion entstehen teils durch in der Luft enthaltene radioaktive Emanationen und vor allem durch die $\gamma$-Strahlung der radioaktiven Substanzen. Beim aktiven Niederschlag des Thoriums findet mit der Zeit eine Abnahme der Häufigkeit dieser Ausschläge statt. Wenn die dicken Schirme direkt über das Fenster der Zählkammer gelegt wurden, waren die Ausschläge, die jetzt nur durch die $\gamma$-Strahlung bewirkt wurden, seltener.

Die benutzten absorbierenden Substanzen waren Aluminium- und Zinnfolien. Die Folien wurden direkt über und unter die Strahlungsquelle gelegt. Die Ergebnisse der Absorptionsversuche mit Radium *E* und aktivem Niederschlag des Thoriums sind in Tabelle I und II und Fig. 2, sowie in Tabelle III und IV und Fig. 3 zusammengestellt. Zu jedem Versuch sind

Absorption der $\beta$-Teilchen des Radium *E*.

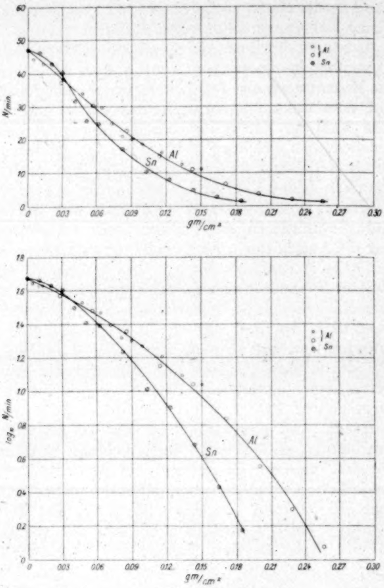



Fig. 2.

Tabelle I.

Absorption der $\beta$-Teilchen des *RaE* durch Aluminium.

| Anzahl der Aluminiumfolien dick | dünn | g/cm² | Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Gesamte gezählte Anzahl | $\beta$-Teilchen pro Minute | *N* | log *N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,0 | 135,4 | 6505 | 48,0 | 47,2 | 1,674 |
| | 1 | 0,0043 | 8,9 | 401 | 45,1 | 44,3 | 1,646 |
| | 3 | 0,0130 | 8,0 | 350 | 43,7 | 42,9 | 1,632 |
| 1 | | 0,0285 | 39,1 | 1486 | 38,0 | 37,2 | 1,571 |
| | 7 | 0,0302 | 7,8 | 305 | 39,1 | 38,3 | 1,583 |
| | 11 | 0,0476 | 7,9 | 274 | 34,7 | 33,9 | 1,530 |
| 2 | | 0,0570 | 34,3 | 1061 | 31,0 | 30,2 | 1,480 |
| | 15 | 0,0643 | 10,0 | 303 | 30,3 | 29,5 | 1,470 |
| | 17 | 0,0730 | 3,7 | 95 | 25,6 | 24,8 | 1,394 |
| | 19 | 0,0816 | 5,8 | 126 | 21,7 | 20,9 | 1,320 |
| 3 | | 0,0856 | 34,4 | 805 | 23,4 | 22,6 | 1,354 |
| | 21 | 0,0902 | 4,7 | 98 | 20,8 | 20,0 | 1,301 |
| | 23 | 0,0989 | 9,2 | 178 | 19,4 | 18,6 | 1,270 |
| 4 | | 0,1141 | 41,6 | 659 | 15,8 | 15,0 | 1,176 |
| | 27 | 0,1162 | 12,5 | 211 | 16,9 | 16,1 | 1,207 |
| | 31 | 0,1335 | 10,6 | 141 | 13,3 | 12,5 | 1,097 |
| 5 | | 0,1426 | 41,5 | 492 | 11,8 | 11,0 | 1,041 |
| | 35 | 0,1508 | 5,4 | 64 | 11,8 | 11,0 | 1,041 |
| 6 | | 0,1711 | 41,6 | 307 | 7,4 | 6,6 | 0,820 |
| 7 | | 0,1996 | 45,1 | 196 | 4,4 | 3,6 | 0,556 |
| 8 | | 0,2282 | 30,7 | 86 | 2,8 | 2,0 | 0,301 |
| 9 | | 0,2567 | 16,4 | 33 | 2,0 | 1,2 | 0,079 |
| | | 1,5 | 96,4 | 76 | 0,8 | | |

Tabelle II.

Absorption von β-Teilchen des *RaE* durch Zinn.

| Anzahl der Zinnfolien | g cm² | Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Gesamte gezählte Anzahl | β-Teilchen pro Minute | *N* | log *N* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0 | 134,4 | 6505 | 48,0 | 47,2 | 1,674 |
| 1 | 0,0103 | 34,4 | 1623 | 47,2 | 46,4 | 1,666 |
| 2 | 0,0205 | 25,6 | 1118 | 43,6 | 42,8 | 1,631 |
| 3 | 0,0308 | 3,8 | 156 | 41,0 | 40,2 | 1,604 |
| 4 | 0,0410 | 29,1 | 942 | 32,4 | 31,6 | 1,500 |
| 5 | 0,0513 | 4,7 | 124 | 26,4 | 25,6 | 1,408 |
| 6 | 0,0616 | 20,8 | 531 | 25,5 | 24,7 | 1,393 |
| 8 | 0,0821 | 23,1 | 416 | 18,0 | 17,2 | 1,236 |
| 10 | 0,1026 | 31,2 | 351 | 11,2 | 10,4 | 1,017 |
| 12 | 0,1231 | 29,0 | 254 | 8,8 | 8,0 | 0,903 |
| 14 | 0,1436 | 18,4 | 104 | 5,6 | 4,8 | 0,681 |
| 16 | 0,1642 | 20,6 | 72 | 3,5 | 2,7 | 0,431 |
| 18 | 0,1847 | 23,4 | 54 | 2,3 | 1,5 | 0,176 |
| | 1,0 | 96,4 | 76 | 0,8 | | |

Absorption von β-Teilchen aus aktivem Niederschlag des Thoriums.

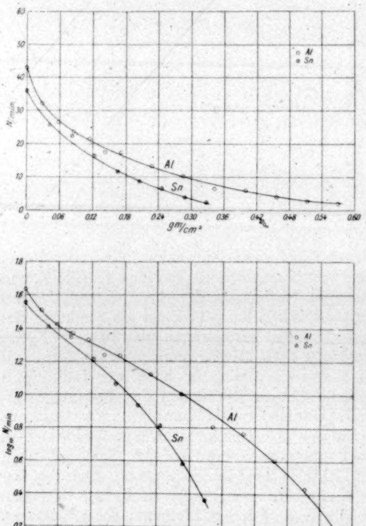



Fig. 3.

zwei Kurven gezeichnet; bei der ersten stellen die Ordinaten die Anzahl von β-Teilchen dar, die pro Minute in die Zählkammer eintreten; bei der zweiten sind die Ordinaten die Logarithmen dieser Werte. Die Abszissen beider Kurven geben die Menge absorbierenden Materials (*Al* oder *Sn*) in g/cm² an. Die durch die kleineren Kreise bezeichneten Punkte beziehen sich auf dünne Folien und verhältnismäßig kurze Zählzeiten. Wie man sieht, ist die logarithmische Kurve keine gerade Linie. Die numerische Absorption erfolgt mithin nicht exponential. Das nach der Ionisationsmethode gefundene Exponentialgesetz kommt demnach durch eine Abnahme der Geschwindigkeit zustande, und ist ein zusammengesetzter Effekt. Der anfängliche Abfall der Kurven beim aktiven Niederschlag des Thoriums wird durch die Absorption der weichen β-Strahlen des Thorium *B* verursacht.

Tabelle III.

Absorption von β-Teilchen des aktiven Niederschlags des Thoriums durch Aluminium.

| Anzahl der Alnminiumfolien | g cm² | Korrigierte Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Gesamte gezählte Anzahl | β-Teilchen pro Minute | *N* | log *N* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0 | 43,2 | 1989 | 46,0 | 43,0 | 1,633 |
| 1 | 0,0285 | 16,8 | 589 | 35,1 | 32,1 | 1,507 |
| 2 | 0,0570 | 16,8 | 497 | 29,6 | 26,6 | 1,425 |
| 3 | 0,0856 | 22,9 | 608 | 26,6 | 23,6 | 1,373 |
| 4 | 0,1141 | 42,6 | 1045 | 24,5 | 21,5 | 1,332 |
| 5 | 0,1426 | 16,3 | 333 | 20,4 | 17,4 | 1,240 |
| 6 | 0,1711 | 33,2 | 674 | 20,3 | 17,3 | 1,238 |
| 8 | 0,2282 | 47,0 | 760 | 16,2 | 13,2 | 1,121 |
| 10 | 0,2852 | 43,2 | 565 | 13,1 | 10,1 | 1,004 |
| 12 | 0,3420 | 44,7 | 418 | 9,4 | 6,4 | 0,806 |
| 14 | 0,3991 | 31,9 | 282 | 8,8 | 5,8 | 0,763 |
| 16 | 0,4562 | 43,9 | 309 | 7,0 | 4,0 | 0,602 |
| 18 | 0,5133 | 14,4 | 82 | 5,7 | 2,7 | 0,431 |
| 20 | 0,5704 | 41,7 | 179 | 4,3 | 1,3 | 0,114 |
| | 1,5 | 81,7 | 247 | 3,0 | | |

Tabelle IV.

Absorption der β-Teilchen des aktiven Niederschlags des Thoriums durch Zinn.

| Anzahl der Zinnfolien | g cm² | Korrigierte Gesamtzahl der Zählung in Minuten | Gesamte gezählte Anzahl | β-Teilchen pro Minute | *N* | log *N* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0 | 60,6 | 2327 | 38,4 | 35,9 | 1,555 |
| 4 | 0,0410 | 21,8 | 615 | 28,2 | 25,7 | 1,410 |
| 8 | 0,0821 | 31,5 | 782 | 24,8 | 22,3 | 1,348 |
| 12 | 0,1231 | 34,7 | 655 | 18,9 | 16,4 | 1,215 |
| 16 | 0,1642 | 34,2 | 481 | 14,0 | 11,5 | 1,061 |
| 20 | 0,2052 | 58,3 | 650 | 11,1 | 8,6 | 0,934 |
| 24 | 0,2463 | 49,0 | 443 | 9,0 | 6,5 | 0,813 |
| 28 | 0,2873 | 47,9 | 301 | 6,3 | 3,8 | 0,580 |
| 32 | 0,3284 | 19,8 | 95 | 4,8 | 2,3 | 0,362 |
| | 1,0 | 61,0 | 150 | 2,5 | | |

Reflexionsversuche. Unter Benutzung der gleichen Apparatur wie bei den Absorptionsversuchen haben wir die Anzahl von β-Teilchen

gemessen, die von einem Material reflektiert werden, und haben das Verhältnis derselben zur Zahl der ursprünglich einfallenden $\beta$-Teilchen viel kleiner gefunden als das Verhältnis der Ionisationen in beiden Fällen. Ein kleineres Verhältnis ist zu erwarten, weil die Geschwindigkeit der reflektierten $\beta$-Teilchen herabgesetzt, und dadurch ihr Ionisierungsvermögen erhöht wird. Um festzustellen, ob diese Abnahme überhaupt von der reflektierenden Substanz abhängt, wie es nach der Ionisationsmethode den Anschein hat, und um die bezüglichen Zahlen an verschiedenen Substanzen reflektierter $\beta$-Teilchen durch Absonderung von der einfallenden Strahlung genauer bestimmen zu können, haben wir unseren Apparat in der Weise geändert, daß nur die reflektierten $\beta$-Teilchen gezählt wurden. Ein Gerüst aus Eisendraht von genügender Festigkeit gelangte schließlich zur Verwendung. Bei dieser Anordnung war die Anzahl von $\beta$-Teilchen, die an anderer als der untersuchten Substanz reflektiert waren, ein Minimum. Fig. 4

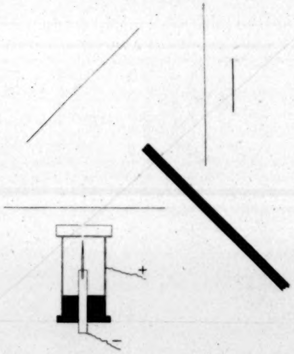



Fig. 4.

gibt ein Diagramm dieser Anordnung. Die Verbindungslinien von der Mitte der reflektierenden Platte zur Strahlungsquelle und zur Zählkammer standen im rechten Winkel zueinander und im Winkel von 45° zur Platte. Die Abstände betrugen beide 5,5 cm. Da dieser Abstand viel kleiner als der bei den Absorptionsversuchen gebrauchte war, mußte der Strahlenkegel durch eine Papierblende mit kleiner Öffnung in einigen Millimetern Abstand von der Blende der Zählkammer abgegrenzt werden. Alles reflektierende Material hatte die Gestalt eines Quadrats von 6 cm Kantenlänge und von hinreichender Dicke, um alle Strahlen zurückzuhalten oder zu reflektieren. Die Quelle der $\beta$-Strahlung war ein Radium-$E$-

Tabelle V.

Reflexion der $\beta$-Teilchen des $RaE$ durch verschiedene Elemente.

| Element | Atomgewicht | Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Gesamte gezählte Anzahl | $\beta$-Teilchen pro Minute | $N$ | Ionisierung durch reflektierte $\beta$-Strahlung des $RaE$ | $N'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *C* | 12,0 | 53,7 | 848 | 15,8 | 7,3 | 17,1 | 8,2 |
| *Al* | 27,1 | 53,8 | 1154 | 21,5 | 13,0 | 30,0 | 14,3 |
| *Fe* | 55,8 | 49,4 | 1434 | 29,0 | 20,5 | 41,2 | 19,7 |
| *Cu* | 63,6 | 44,2 | 1320 | 29,9 | 21,4 | 44,7 | 21,4 |
| *Zn* | 65,4 | 53,9 | 1656 | 30,7 | 22,2 | 45,5 | 21,7 |
| *Ag* | 107,9 | 38,6 | 1383 | 35,9 | 27,4 | 57,4 | (27,4) |
| *Sn* | 119,0 | 92,1 | 3455 | 37,5 | 29,0 | 62,5 | 29,8 |
| *Pb* | 207,1 | 47,9 | 1855 | 38,8 | 30,3 | 70,2 | 33,5 |
| nichts | | 85,4 | 725 | 8,5 | | | |

Reflexion der $\beta$-Teilchen des Radium $E$ durch verschiedene Elemente.

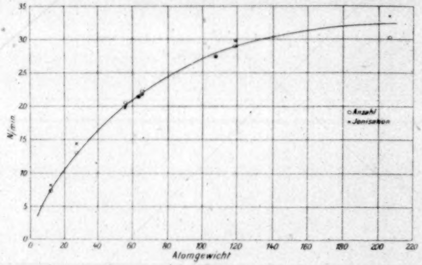



Fig. 5.

Präparat auf einer Aluminiumfolie (0,0058 cm). Die Versuchsergebnisse sind aus Tabelle V und Fig. 5 zu ersehen, in der die Anzahlen der pro Minute reflektierten $\beta$-Teilchen als Funktion des Atomgewichtes eingetragen und durch Kreise bezeichnet sind. Die Kreuze stellen im Verhältnis die Werte dar, wie sie nach der Ionisationsmethode für die $\beta$-Teilchen des Radium $E$ gefunden wurden, wobei Silber als Standardsubstanz genommen ist. Wie man sieht, liegen beide Reihen von Punkten annähernd auf der gleichen Kurve, was darauf hinzudeuten scheint, daß die Geschwindigkeitsverringerung nach der Reflexion für die verschiedenen Elemente die gleiche ist.

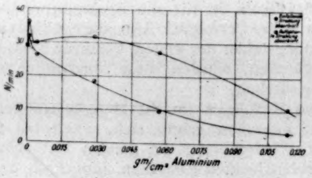
Um ferner noch den Unterschied in der Absorbierbarkeit der direkten und der reflektierten Strahlung zu untersuchen, wurden absorbierende Aluminiumfolien in den Weg der direkten Strahlung (in 1 cm Abstand von der Strahlungsquelle) sowie in den Gang der reflektierten Strahlung (1 cm vor der Blende) gebracht. Nullwertsbestimmungen, d. h. Ablesungen ohne Reflektor, aber mit aufgestellten Absorptionsfolien, wurden für jede

Tabelle VI.

Reflexion von β-Teilchen des Radium $E$ durch Zinn in zwei verschiedenen Dicken, mit Absorption durch Aluminium im Gange der einfallenden oder der reflektierten Strahlen oder beider.

| Reflektor: Dicke des Zinns in g/cm² | Absorbierende Schicht: Dicke des Aluminiums in g/cm², Im Gange der einfallenden Strahlung | Absorbierende Schicht: Dicke des Aluminiums in g/cm², Im Gange der reflektierten Strahlung | Mit Reflektor: Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Mit Reflektor: Gesamte gezählte Anzahl | Mit Reflektor: β-Teilchen pro Minute | Ohne Reflektor: Gesamtzeit der Zählung in Minuten | Ohne Reflektor: Gesamte gezählte Anzahl | Ohne Reflektor: β-Teilchen pro Minute | $N$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,3284 | 0 | 0 | 92,1 | 3455 | 37,5 | 85,4 | 725 | 8,5 | 29,0 |
| | 0,0008 | 0 | 20,1 | 909 | 45,2 | 34,8 | 315 | 9,0 | 36,2 |
| | 0,0044 | 0 | 15,7 | 607 | 38,6 | 40,9 | 357 | 8,7 | 29,9 |
| | 0,0285 | 0 | 25,4 | 973 | 38,3 | 44,0 | 288 | 6,6 | 31,7 |
| | 0,0570 | 0 | 65,4 | 2144 | 32,8 | 42,8 | 245 | 5,7 | 27,1 |
| | 0,1141 | 0 | 29,2 | 419 | 14,3 | 43,3 | 169 | 3,9 | 10,4 |
| | 0 | 0,0008 | 22,3 | 876 | 39,3 | 50,7 | 383 | 7,5 | 31,8 |
| | 0 | 0,0044 | 32,0 | 1025 | 32,0 | 49,6 | 290 | 5,8 | 26,2 |
| | 0 | 0,0285 | 28,9 | 622 | 21,5 | 45,8 | 141 | 3,1 | 18,4 |
| | 0 | 0,0570 | 41,0 | 522 | 12,7 | 39,6 | 127 | 3,2 | 9,5 |
| | 0 | 0,1141 | 47,1 | 289 | 6,1 | 42,4 | 125 | 3,0 | 3,1 |
| 0,3284 | 0,0285 | 0,0285 | 34,9 | 436 | 12,5 | 33,9 | 150 | 4,4 | 8,1 |
| 0,3284 | 0,0285 | 0,0570 | 25,9 | 307 | 11,8 | 41,1 | 150 | 3,6 | 8,2 |
| 0,0103 | 0 | 0 | 62,1 | 1867 | 30,0 | 85,4 | 725 | 8,5 | 21,5 |
| | 0,0008 | 0 | 29,9 | 938 | 31,8 | 34,8 | 315 | 9,0 | 22,8 |
| | 0,0016 | 0 | 31,0 | 980 | 32,1 | 41,2 | 337 | 8,2 | 23,9 |
| | 0,0044 | 0 | 24,7 | 719 | 29,1 | 40,9 | 357 | 8,7 | 20,4 |
| | 0,0285 | 0 | 16,3 | 415 | 25,4 | 44,0 | 288 | 6,6 | 18,8 |
| | 0,0570 | 0 | 37,5 | 692 | 18,4 | 42,8 | 245 | 5,7 | 12,7 |
| | 0 | 0,0008 | 50,7 | 1396 | 27,5 | 50,7 | 383 | 7,5 | 20,0 |
| | 0 | 0,0044 | 51,2 | 1085 | 21,2 | 49,6 | 290 | 5,8 | 15,4 |
| | 0 | 0,0285 | 18,6 | 201 | 10,8 | 45,8 | 141 | 3,1 | 7,7 |
| | 0 | 0,0571 | 29,9 | 194 | 6,5 | 39,6 | 127 | 3,2 | 3,3 |

Dicker Zinnreflektor 0,3284 gm/cm².




Dünner Zinnreflektor 0,0103 gm/cm².

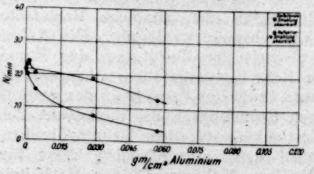



Fig. 6.

Dicke und Stellung des absorbierenden Materials vorgenommen. Dies ist erforderlich, um genaue Werte zu erhalten, weil Luft und Drahtrahmen eine Anzahl von β-Teilchen in die Zählkammer hinein reflektieren. Als Strahlungsquelle diente Radium $E$, und eine dicke, quadratische Zinnplatte von 6 cm Kantenlänge oder eine Zinnfolie (0,0103 g/cm²) bildeten den Reflektor. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle VI und Fig. 6. Die Kurven zeigen deutlich, daß die reflektierten Strahlen leichter absorbiert werden als die einfallenden, und daß dickes Zinn einen größeren Bruchteil der durchdringenden Strahlen reflektiert als eine dünne Zinnfolie. Der steile Anfangsanstieg bei sehr dünnen absorbierenden Schichten ist bei diesen Kurven sehr ausgesprochen. Er rührt her von der Zerstreuung und findet dieselbe Erklärung, die der eine von uns in einem ähnlichen, bei der Ionisationsmethode beobachteten Falle gegeben hat[1]). Wenn die einfallende Strahlung vermittels einer sehr dünnen Zinnfolie zerstreut wurde, war der steile Anstieg im Anfang der Kurven sogar noch auffallender.

## Zusammenfassung.

1. Von verschiedenen Substanzen durch-

1) A. F. Kovářík, loc. cit.

gelassene und reflektierte $\beta$-Teilchen wurden nach Geigers direkter Methode gezählt.

2. Die $\beta$-Teilchen des Radium $E$ und des aktiven Niederschlags des Thoriums werden numerisch nicht nach einem Exponentialgesetz absorbiert, während das Gesetz für die Abnahme der Ionisation diesen Typus hat.

3. Reflektierte und durchgelassene $\beta$-Teilchen sind numerisch stärker absorbierbar als die einfallende Strahlung.

4. Die Anzahl an verschiedenen Elementen reflektierter $\beta$-Teilchen nimmt mit dem Atomgewicht in fast gleicher Art zu wie die Ionisierung der reflektierten Strahlen, woraus folgt, daß die Geschwindigkeitsabnahme der $\beta$-Teilchen infolge von Reflexion nahezu unabhängig von dem reflektierenden Material ist.

5. Zerstreuung durch sehr dünne Folien bewirkt eine Zunahme der Anzahl von $\beta$-Teilchen, die in gewisser Entfernung in Richtung der Normalen zu den dünnen Folien aufgefangen werden.

Minnesota, Physikalisches Laboratorium der Universität.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Luise Friedburg.)

(Eingegangen 18. März 1914.)

---

## Versuche über den Zerfall der Radiumemanation in einer Heliumatmosphäre.

Von W. Marckwald.

Die kürzlich erschienene Abhandlung von L. Bruner und E. Bekier:[1]) Versuche über die Wirkung elektrischer Entladungen in Helium auf Radiumemanation gibt mir Anlaß kurz über einige vor längerer Zeit angestellte Versuche zu berichten, die sich in ähnlicher Richtung wie die angeführten bewegten. Auch sie galten der Untersuchung der Frage, ob der radioaktive Atomzerfall, der unter Abspaltung von Heliumatomen erfolgt, reversibel sei. Es sollte geprüft werden, ob Radiumemanation oder deren schnelle Zerfallsprodukte in einer Heliumatmosphäre eine Abweichung von der normalen Umwandlungsgeschwindigkeit zeigten.

Um diese Frage mit möglichster Genauigkeit prüfen zu können, wurde die folgende Versuchsanordnung gewählt. Zwei dünnwandige, etwa 1,5 cm weite Glasröhren von gleicher Form und etwa 10 ccm Inhalt wurden evakuiert und kommunizierend mit einem Gefäß verbunden, das gleichfalls evakuiert war und eine Lösung von etwa 5 mg Radium enthielt, über der sich die entsprechende Emanationsmenge nahezu im Gleichgewicht befand. Durch gleichzeitiges Eintauchen der beiden erstgenannten Glasröhrchen in flüssige Luft wurde in jedes der beiden Röhrchen annähernd die Hälfte der vorhandenen Emanation übergeführt. Nachdem die Kommunikation der Röhrchen aufgehoben war, wurde das eine mit Helium, das andere mit Luft gefüllt und beide dann zugeschmolzen.

Nunmehr sollte die $\gamma$-Strahlung beider Röhrchen zeitweilig verglichen werden. Wenn die Zerfallsgeschwindigkeit des *RaC* oder der Emanation in der Heliumatmosphäre merklich beeinflußt worden wäre, so hätte sich im Verhältnis der $\gamma$-Strahlungen beider Röhrchen während der Anstiegs- oder Abfallsperiode eine Differenz ergeben müssen.

Die Messungen erfolgten an einem Wulfschen Elektroskop. Die Präparate befanden sich jedesmal bei einer Vergleichsmessung in einer solchen Entfernung vom Meßapparat, daß während der für die Vergleichsmessung aufgewandten Zeit eine merkliche Änderung im Strahlungsvermögen nicht eintreten konnte. Um dies zu ermöglichen, wurde daher auch mit den Messungen niemals früher als zwei Stunden nach der Einfüllung der Emanation in die Röhrchen begonnen und jede Vergleichsmessung während des Restes der Anstiegsperiode innerhalb weniger Minuten ausgeführt. Während der Abklingungsperiode wurden dann die Entfernungen so gewählt, daß der Abfall des Elektroskops über den bei allen Messungen gleichen Teil der Skala in für die Beobachtung bequemeren Zeiten erfolgte. Um die größeren Beobachtungsfehler der ersten, kürzeren Messungen auszugleichen, wurden diese Messungen mehrfach wiederholt.

Das Verhältnis im Strahlungsvermögen der beiden Röhrchen zeigte sich, auch bei mehrfacher Wiederholung der ganzen Versuchsreihe mit neubeschickten Röhrchen, innerhalb der Beobachtungsfehler völlig konstant. Bis zu welchem Grade das der Fall war, möge die folgende Tabelle zeigen, die sämtliche Beobachtungen einer Versuchsreihe wiedergibt. Die Kolumne I führt die seit der Einführung der Emanation in die Röhrchen ungefähr verflossene Zeit an, Kolumne II die zur Erreichung des stets gleichmäßigen Spannungsabfalls verflossene Zeit bei der Bestrahlung mit dem Heliumröhrchen, Kolumne III den entsprechenden Wert für das Luftröhrchen, Kolumne IV das Verhältnis der Zahlen aus Kolumne II und III. Bezüglich der Abfallszeiten ist noch zu bemerken, daß der an sich sehr geringfügige Normalabfall des $\gamma$-Strahlenelektroskops wegen der genügend überein-

1) Diese Zeitschrift 15, 240, 1914.

stimmenden Stärke der beiden Vergleichsröhrchen völlig vernachlässigt werden konnte.

| I | II | III | IV | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Std. | 127,4 Sek. | 123,2 Sek. | 1,034 | 1,036 |
| | 127,0 „ | 122,4 „ | 1,038 | |
| $2^1/_2$ Std. | 124,9 „ | 120,6 „ | 1,036 | 1,043 |
| | 124,0 „ | 118,2 „ | 1,049 | |
| 3 Std. | 122,4 „ | 117,8 „ | 1,039 | |
| | 121,4 „ | 116,8 „ | 1,040 | 1,041 |
| | 122,4 „ | 117,2 „ | 1,044 | |
| $3^1/_2$ Std. | 121,6 „ | 117,0 „ | 1,040 | |
| | 120,8 „ | 116,3 „ | 1,039 | 1,041 |
| | 121,2 „ | 116,2 „ | 1,043 | |
| $4-4^1/_2$ Std. | 122,0 „ | 116,2 „ | 1,050 | |
| | 121,4 „ | 116,6 „ | 1,042 | |
| | 120,6 „ | 116,0 „ | 1,042 | 1,043 |
| | 121,2 „ | 116,6 „ | 1,040 | |
| 1 Tag | 8,40 Min. | 8,08 Min. | 1,040 | |
| 2 Tage | 8,94 „ | 8,61 „ | 1,039 | |
| 5 „ | 7,25 „ | 6,91 „ | 1,044 | |
| 8 „ | 10,39 „ | 10,02 „ | 1,037 | |
| 14 „ | 11,92 „ | 11,47 „ | 1,040 | |
| 20 „ | 7,90 „ | 7,60 „ | 1,040 | |
| 25 „ | 12,48 „ | 12,02 „ | 1,038 | |

## Zusammenfassung.

Der radioaktive Atomzerfall unter Bildung von $\alpha$-Teilchen erfolgt in einer Heliumatmosphäre mit merklich gleicher Geschwindigkeit wie in Luft.

Berlin, Physikalisch-chemisches Institut der Universität.

(Eingegangen 1. April 1914.)

## Die Verwendbarkeit des Fontaktoskops zur Messung der Radioaktivität von Quellwässern.

Von C. Engler, H. Sieveking und A. Koenig.

Im Jahrgang **13** (1912) S. 943 dieser Zeitschrift beschreibt Herr W. Hammer eine neue Form des Fontaktoskops, welche gegenüber der von Engler und Sieveking im Jahre 1905 angegebenen einige Vorteile besitzen soll. In Gemeinschaft mit F. Vohsen berichtet Hammer[1]) sodann über Messungen mit diesem Instrument, die im großen und ganzen seine Brauchbarkeit nicht nur für orientierende, sondern auch für genauere Untersuchungen radioaktiver Emanationen dartun. Das Instrument ist gasdicht verschließbar, so daß man ohne Substanzverlust die Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts abwarten kann; wie leicht einzusehen, ist die Zuverlässigkeit einer Messung in der Nähe des Maximums der Aktivitätskurve größer als zu Beginn, auf dem steilsten Stück derselben.

Bei den Messungen von Hammer und Vohsen decken sich die relativen Aktivitätswerte von Radiumemanation (als Funktion der nach dem Ausschütteln der Emanation aus dem Wasser verstrichenen Zeit) gut mit den Werten der Tabelle, welche H. W. Schmidt[1]) für Radiumemanation angegeben hat, mit Ausnahme der in den ersten Minuten erhaltenen Zahlen, die zu hoch erscheinen. Der Wert für die Zeit Null, der also der reinen Emanation (ohne Zerfallsprodukte) entsprechen würde und 46 bis 47 Proz. des Aktivitätswertes nach Verlauf von drei Stunden (also im radioaktiven Gleichgewicht) betragen sollte[2]), wurde von Hammer und Vohsen durch graphische Extrapolation der Messungsdaten zu 54—60 Proz. des Maximalwertes gefunden, was ein Plus von 7—13 Proz. des Gleichgewichtswertes oder 15—28 Proz. des theoretischen Anfangswertes bedeutet.

Die Ursache dieser Abweichungen sehen Hammer und Vohsen in der Wirkung der kurzlebigen Radioelemente *RaA* und *RaC*, die sich im Wasser im Gleichgewicht mit der Emanation befinden, von denen ein Teil beim Schütteln des Wassers im Fontaktoskop zusammen mit Wasserstaub in den Luftraum gelangen, und dessen ionisierende Wirkung sich zu der der Emanation addieren soll.

Diese an sich in qualitativer Hinsicht immerhin plausible Erklärung erscheint uns angesichts der Größe des Effektes doch schwer verständlich. Denn da die Aktivität der Zerfallsprodukte im Zustande des Gleichgewichts im Fontaktoskop rund 120 Proz. von der der Emanation allein beträgt, so müßten wir annehmen, daß bei den Versuchen von Hammer und Vohsen $^1/_8$ bis $^1/_4$ der gesamten im Wasser befindlichen „induzierten Aktivität" beim Schütteln in den Gasraum gelangt sei. Die Emanationszerfallsprodukte sind aber doch wohl in dem Wasser als Metalle oder Hydroxyde suspendiert bzw. kolloid gelöst, und es ist schwer einzusehen, wie es möglich sein soll, daß durch kurzes Schütteln ein so großer Teil dieser Substanzen allein oder an Wassertropfen gebunden in die Luft übergehen kann.

Eine Bestätigung der eben erörterten Hypothese erblicken Hammer und Vohsen in den Ergebnissen von Versuchen, bei welchen stark aktives Quellwasser (Brambacher Sprudel) zur Austreibung der Emanation gekocht und nach Abkühlung im Fontaktoskop geschüttelt wurde; sie fanden rasch abklingende Restaktivitäten, deren Anfangswerte mit den oben erwähnten Differenzen zwischen den beobachteten und den theoretischen Anfangswerten der Emanations-

1) Diese Zeitschr. **14**, 451, 1913.

1) Diese Zeitschr. **6**, 561, 1905.
2) Berndt, Ann. d. Phys. (4) **38**, 958—986, 1912.

aktivität der Größenordnung nach übereinstimmten (sie geben allerdings keine zahlenmäßigen Belege an). Den naheliegenden Einwand, daß der Effekt in beiden Fällen nicht bzw. nicht nur als Wirkung von radioaktiven Substanzen, sondern als Wasserfallelektrizität (Lenardeffekt) erklärt werden könnte, weisen sie von vornherein zurück mit der Bemerkung, daß sie beim Schütteln von indifferentem Wasser diesen Effekt nicht erhalten haben.

Hammer und Vohsen knüpfen an die Mitteilung ihrer Versuche eine Kritik der Methoden, welche Engler und Sieveking für die Benutzung ihres Fontaktoskops vor neun Jahren angegeben und damals in verschiedenen Zeitschriften[1]) veröffentlicht haben. Sie zeigen, was schon seit Jahren eigentlich für jeden Radiumforscher selbstverständlich sein muß, daß eine Vernachlässigung der Emanationszerfallsprodukte auch bei sehr schneller Messung im Fontaktoskop infolge des starken Anstiegs der Aktivität nicht ohne weiteres zulässig ist, falls die Angaben sich auf die reine Emanation beziehen sollen, und daß auch bei der anderen, seinerzeit von Engler und Sieveking empfohlenen Methode, bei welcher nach der Messung die Emanation durch Wasser vertrieben und die in der Kanne verbleibende, den Zerfallsprodukten zukommende Restaktivität bestimmt wird, etwas höhere Werte gefunden werden, als der reinen Emanation entsprechen würde, da mit der Emanation auch ein Teil ihrer Zerfallsprodukte, der keine Ladung trägt und deshalb von einem elektrischen Feld unbeeinflußt bleibt, ausgetrieben wird, somit von der Gesamtaktivität etwas zu wenig in Abzug kommt.

Emanation und Zerfallsprodukte müssen aber bei exakten Messungen unbedingt getrennt werden[2]), zumal der berechtigte Wunsch eines Anschlusses an die internationalen Einheiten besteht, eine Angabe in Curie sich aber nur auf den Emanationsgehalt allein beziehen kann, während die Angabe in elektrostatischen Einheiten (Sättigungsstromstärke) die momentan gemessene Gesamtaktivität bezeichnet.

Wenn auch die Berechtigung obiger Einwände an sich zugegeben werden muß, so fallen die Fehler der alten Methoden bei der Bewertung von Aktivitätsmessungen an Quellwässern doch viel weniger ins Gewicht, als es auf den ersten Blick scheinen mag, denn 1. werden sie durch andere Faktoren, welche das Messungsresultat verkleinern, zum großen Teil kompensiert, und 2. sind infolge der Schwankungen im Emanationsgehalt der Quellwässer und der unvermeidlichen Verluste bei der Probenahme die Resultate der meisten diesbezüglichen Messungen als approximative, nicht als exakte zu betrachten.

Die äußeren Fehlerquellen bei Aktivitätsmessungen an Quellwässern sind zuweilen so groß, daß auf exakte, völlig übereinstimmende Resultate nicht gerechnet werden kann[1]).

Von Faktoren, welche die mit dem Engler-Sievekingschen Fontaktoskop bisher erhaltenen Messungsdaten zu niedrig erscheinen lassen, sind zu nennen:

a) Emanationsverluste bei der Probenahme;
b) Luftverdrängung beim Eintauchen des Zerstreuungskörpers in die Kanne des Apparates;
c) Emanationsverluste während der Messungszeit bei Temperaturschwankungen;
d) Nichtberücksichtigung des Duaneschen Korrektionsfaktors.

Punkt a) ist eine äußere Fehlerquelle, die mit dem Apparat selbst nichts zu tun hat und bei Anwendung eines jeden anderen Apparates in gleicher Weise wirksam ist. Punkt b) ist praktisch unbedeutend; bei dem großen Luftraum (etwa 9 Liter) unserer Normalkanne beträgt der Verdrängungsverlust durch einen Zerstreuungszylinder von 5 cm Durchmesser und 10 cm Höhe etwa 2 Proz. und sollte, wie wir ausdrücklich angegeben haben, in Rechnung gezogen werden. Bei Verwendung eines dünnen Zerstreuungsstiftes ist der Verlust ganz zu vernachlässigen.

Punkt c) ist bei länger dauernden Messungen nicht unwichtig. Die schmale ringförmige Öffnung im Kannendeckel, durch welche die isolierte Zuleitung zum Zerstreuungskörper führt, setzt zwar der Diffusion einen erheblichen Widerstand entgegen, so daß diese, wie eine einfache Rechnung ergibt, gar nicht in Betracht kommt, ermöglicht aber einen ungehinderten Druckausgleich mit der umgebenden Atmosphäre. Wird nun während der Dauer einer Messungsreihe die Kanne des Fontaktoskops mehrmals durch Anfassen mit den Händen erwärmt, so sind Emanationsverluste bis zu mehreren Prozenten möglich. Daß indessen dieser Fehler bei einigermaßen sorgfältigem Arbeiten und nicht zu langer Messungsdauer praktisch völlig zu vermeiden ist, zeigen Versuche, über die weiter unten berichtet wird.

Punkt d) betrifft nicht die Meßmethode

1) Zeitschr. f. Elektrochem. **11**, 714, 1905; Verh. Naturw. Verein Karlsruhe 1905, S. 65; diese Zeitschr. **6**, 700—703, 1905; Zeitschr. f. anorg. Chem. **53**, 1—25, 1907.

2) Das Fontaktoskop ist von vornherein, wie sein Name besagt, für Quellmessungen, und zwar vorzugsweise zu balneologischen Zwecken, bestimmt. Dabei kommt es, besonders auch bei Messungen in Emanatorien, praktisch auf die Gesamtaktivität, nicht bloß auf die Emanation an.

1) Eine ausführliche Erörterung dieser Einflüsse haben wir ganz kürzlich in der Chem.-Ztg. 1914, S. 425, 446, gegeben.

selbst, sondern die Auswertung der erhaltenen Resultate. Da, wie schon erwähnt, auch bei Quellenmessungen ein Anschluß an die internationalen Radiumnormalmaße dringend wünschenswert ist, so erscheint es geboten, bei der Auswertung der Messungsdaten der unvollständigen Ausnutzung der ionisierenden Wirkung der $\alpha$-Strahlen Rechnung zu tragen, durch welche in begrenzten Ionisationsräumen der durch die Ionen unterhaltene Sättigungsstrom kleiner ist als der ideale Grenzwert des Stromes bei unendlich großem Ionisationsraum. Der maßgebende Korrektionsfaktor ist für zylindrische Ionisationskammern nach Duane[1]) darstellbar durch den Ausdruck

$$K = \frac{1}{1 - k\,s/v},$$

wobei $s$ die Innenfläche der Kammer in $cm^2$, $v$ ihren Rauminhalt in $cm^3$ bedeutet; den Koeffizienten $k$ ermittelte Duane auf empirischem Wege zu 0,52 für Radiumemanation allein, zu 0,572 für Radiumemanation im Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten.

Nur unter Berücksichtigung dieser Korrektur sind die mit verschiedenen Apparaten erhaltenen Resultate untereinander vergleichbar.

Vergleichsversuche mit Fontaktoskopkannen verschiedener Größe (1, 2, 5, 10 Liter) haben uns belehrt, daß bei den kleineren Formaten Störungen auftreten, welche die Anbringung der Duaneschen Korrektur illusorisch machen[2]). Dagegen haben Versuche, welche Professor A. Becker in Heidelberg[3]) ausgeführt hat, dargetan, daß unter Berücksichtigung des Duaneschen Faktors die mit einem unserer Fontaktoskope normaler Ausführung (also mit 10-Literkanne) erhaltenen Messungsdaten eine vorzügliche Übereinstimmung ergeben mit den an einem Beckerschen Emanometer, welches wohl als Präzisionsapparat gelten darf, gemessenen Werten:

Tabelle I.

| Emanometer | Fontaktoskop | Differenz | Differenz in Prozenten |
|---|---|---|---|
| 36 | 36,4 | 0,4 | 1,11 |
| 73 | 66,7 | —6,3 | —8,63 |
| 109 | 121 | 12,0 | 11,01 |
| 111 | 115 | 4,0 | 3,61 |
| 178 | 183 | 5,0 | 2,81 |
| 176 | 169 | —7,0 | —3,97 |
| 177 | 184 | 7,0 | 3,95 |
| 356 | 370 | 14,0 | 3,93 |
| 541 | 521 | —20,0 | —3,70 |

1) C. R. **140**, 581, 1905.

2) Wir müssen deshalb vor der Benutzung kleinerer Fontaktoskopkannen warnen.

3) Zeitschr. f. Instrumentenk. **30**, 301, 1910.

Wenn auch, wie bereits erwähnt, alle unter gewöhnlich einzuhaltenden Bedingungen ausgeführten Quellenaktivitätsmessungen nur approximative Resultate liefern können, so erscheint es uns doch wichtig, auf die das Ergebnis erniedrigenden Faktoren besonders hinzuweisen, um einer Mißdeutung der Behauptung vorzubeugen, daß „alle nach den Methoden von Engler und Sieveking ausgeführten Messungen mindestens um 10 Proz., meist wohl um erheblich mehr zu groß gefunden wurden".

Der Duanesche Faktor beträgt für die 10 Liter fassende Kanne unseres Fontaktoskops etwa 1,15 für die Aktivität der Emanation allein (Anfangswert) und etwa 1,175 für die Aktivität der Emanation und ihrer Zerfallsprodukte im Gleichgewicht (Gleichgewichtswert), d. h. zu dem gefundenen Aktivitätswert sind 15 Proz. bzw. $17^1/_2$ Proz. hinzuzuzählen, um die Aktivität bei vollkommener Ausnutzung der $\alpha$-Strahlen zu erhalten. Sind nun, was die Regel sein dürfte, die Messungen von Quellwasseraktivitäten zwei Minuten nach Beginn des Ausschüttelns der Emanation aus dem Wasser erfolgt, so hat man, falls auf den der reinen Emanation entsprechenden Wert umgerechnet werden soll, vom Resultat rund 19 Proz. abzuziehen, welche den Emanationszerfallsprodukten, besonders *Ra A*, entsprechen. Da diese beiden Korrekturen einander zum größten Teil kompensieren, so läßt sich sagen, daß die nach der von uns seinerzeit empfohlenen Schnellmethode bestimmten Aktivitäten von Emanationswässern, falls keine Fehler bei der Probenahme gemacht wurden, bis auf wenige Prozente ihren Gehalt an Emanation richtig darstellen.

Wiewohl schon die erwähnten Versuche Beckers gezeigt haben, daß bei korrektem Arbeiten Messungen mit Fontaktoskop und Emanometer das gleiche Ergebnis liefern, so haben wir doch noch mit zwei Fontaktoskopen ursprünglicher Konstruktion Vergleichsversuche angestellt, um über die möglichen Fehler zahlenmäßige Anhaltspunkte sowie über die Reproduzierbarkeit der Messungen ein klares Bild zu gewinnen.

## 1. Nacheichung der Elektroskope.

Als Meßinstrumente benutzten wir zwei Exnersche Aluminiumblattelektroskope[1]) in der von Elster und Geitel bzw. Engler und Sieveking modifizierten Form mit je zwei Zerstreuungszylindern sowie einer Anzahl Blech-

1) Das Aluminiumblattelektroskop ist bei der neuen Ausführung unseres Fontaktoskops durch ein Wulfsches Fadenelektrometer ersetzt worden, welches eine bequemere und schärfere Ablesung gestattet und weniger der Nacheichung bedarf als das bisher benutzte Instrument.

kannen von je 10 Liter Inhalt. Die Elektroskope waren geeicht, wir haben sie überdies noch selbst nachkontrolliert; die Ablesungsfehler betragen maximal ± 2 Proz. Ein Einfluß der Wasserfüllung der Fontaktoskopkanne auf die Kapazität des Systems war von 0 bis 3 Liter Füllung nicht zu erkennen.

2. Parallelmessungen mit zwei Fontaktoskopen.

Zu den vergleichenden Aktivitätsmessungen benutzten wir destilliertes Wasser, das wir in einer Luftzirkulationsvorrichtung mit Emanation aus einer Radiumchloridlösung (1 mg $RaCl_2$) sättigten und auf den gewünschten Aktivitätsgrad mit destilliertem Wasser verdünnten. Aus der großen Vorratsflasche wurde jeweils 1 Liter Wasser in einem zylindrischen Glastrichter mit langem Ablaufrohr und weitem Hahn abgemessen und rasch in die Kanne des Fontaktoskops eingefüllt. Dann wurde die Kanne mit einem Gummistopfen fest verschlossen und 1/2 Minute kräftig geschüttelt.

Nach Öffnen der Kanne wurde das Elektroskop mit angehängtem Zerstreuungskörper eingesetzt und mit der Messung begonnen. Vor Einfüllen des Wassers wurde jeweils der von schwacher langlebiger Restaktivität herrührende Normalspannungsverlust des Systems ermittelt. Beide Fontaktoskope wurden in genau derselben Weise kurz nacheinander mit Emanationswasser beschickt. Gemessen wurde die Zeit, welche die Blättchen des Elektroskops brauchten, um von einer bestimmten Anfangsstellung (30 Teilstriche) zu einer bestimmten Endstellung (10 Teilstriche) abzufallen. Daraus ließ sich unter Benutzung der dem Instrument beigegebenen Tabelle der Voltabfall pro Stunde und Liter sowie daraus durch Multiplikation mit der Kapazität in Zentimetern und den Umrechnungsfaktoren der Sättigungsstrom oder die Aktivität in Mache-Einheiten (M.-E.) berechnen[1].

Beispiel. Elektroskop I mit Zylinder $A$ (Kapazität 13,7 cm) in Kanne Nr. 4 zeigt einen Normalverlust von 2 Volt in 6 Minuten = 20 Volt/Stunde. Nach Schütteln mit 1 Liter Wasser, 1 Minute nach Einfüllen desselben, findet in 32 Sekunden ein Spannungsabfall von 30 auf 10 Teilstriche statt, das sind 221 — 97,5 = 123,5 Volt oder 13894 Volt/Stunde. Abzüglich des Normalverlustes von 20 Volt/Stunde ergibt dies einen der Wirkung der Emanation und ihrer im Wachsen befindlichen „induzierten Aktivität" entsprechenden Sättigungsstrom von

$$\frac{13874 \cdot 13{,}7 \cdot 1000}{300 \cdot 3600} = 176 \text{ M.-E.}$$

1) Hier ist willkürlich unter M.-E. nicht eine Emanationsmenge, sondern eine Stromstärke verstanden.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate einiger solcher Parallelmessungen zusammengestellt.

Tabelle II.

| | Fontaktoskop I | Fontaktoskop II | Differenz | Differenz in Proz. von I |
|---|---|---|---|---|
| | M.-E. | M.-E. | M.-E. | |
| Nach 2 Minuten | 68 | 68,2 | 0,2 | 0,29 |
| „ 1 Stunde | 114 | 114,7 | 0,7 | 0,61 |
| „ 3 Stunden | 117 | 117,5 | 0,5 | 0,43 |
| Nach 2 Minuten | 67,7 | 66,9 | —0,8 | —1,18 |
| „ 1 Stunde | 114,6 | 113,8 | —0,8 | —0,70 |
| „ 3 Stunden | 116 | 115,3 | —0,7 | —0,60 |
| Nach 2 Minuten | 72,8 | 73,6 | 0,8 | 1,10 |
| „ 1 Stunde | 119,4 | 120,5 | 1,1 | 0,92 |
| „ 3 Stunden | 122 | 123,5 | 1,5 | 1,23 |

Wie aus der Tabelle zu ersehen, stimmen die mit beiden Fontaktoskopen erhaltenen Aktivitätswerte vorzüglich miteinander überein. Die zwei Minuten nach Einfüllen des Wassers erhaltenen Werte betragen in guter Übereinstimmung mit der Schmidtschen Tabelle etwa 58 Proz. der Werte nach drei Stunden (Gleichgewichtswerte).

3. Messungen mit einem offenen und einem geschlossenen Apparat.

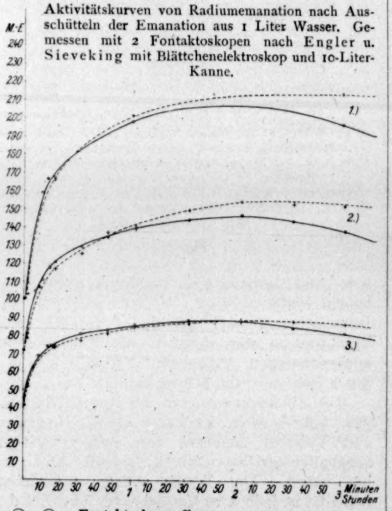
Um die relative Größe des Verlustes an Emanation infolge Diffusion und Expansion durch die Öffnung des Fontaktoskops zu ermitteln, haben wir eine große Anzahl Vergleichsversuche längerer Dauer (bis über 7 Stunden) angestellt, bei welchen ein Fontaktoskop wie gewöhnlich offen blieb, während das andere in den Intervallen zwischen zwei Messungen durch einen kleinen über den Tragstift des Zerstreuungskörpers geschobenen Kautschukstopfen verschlossen war. Wie die beistehende Tabelle III und Fig. 1 zeigen, macht sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Angaben der beiden Apparate erst nach Ablauf von mehr als einer Stunde bemerkbar, so daß, wenn grobe Fehler (durch Eingießen zu warmen Wassers oder durch Anfassen der Kanne mit der Hand nach Einsetzen des Zerstreuungskörpers) vermieden werden, eine hermetische Verschließbarkeit des Instruments für kurz dauernde Messungen ganz unnötig erscheint. Um diese Fehler ganz auszuschließen, haben wir neuerdings[1]) unseren Apparat etwas abgeändert, so daß er mit Ausnahme der für die Messung erforderlichen Zeit vollständig geschlossen bleibt.

1) Vgl. Chem.-Ztg. 1914, S. 449.

### Tabelle III.

| | Fontaktoskop I offen | Fontaktoskop II geschlossen | Differenz | Differenz in Proz. |
|---|---|---|---|---|
| | M.-E. | M.-E. | M.-E. | |
| Nach 2 Minuten | 77,8 | 79,3 | —1,5 | —1,9 |
| „ 1 Stunde | 133,8 | 132,6 | 1,2 | 0,9 |
| „ 3 Stunden | 138,4 | 150,0 | —11,6 | —7,7 |
| Nach 2 Minuten | 64,3 | 61,7 | 2,6 | 4,2 |
| „ 1 Stunde | 105,3 | 102 | 3 3 | 3,2 |
| „ 3 Stunden | 107,1 | 111,8 | —4,7 | —4,2 |

| | Elektroskop II offen | Elektroskop I geschlossen | Differenz | Differenz in Proz. |
|---|---|---|---|---|
| | M.-E. | M.-E. | M.-E. | |
| Nach 2 Minuten | 94,2 | 95,0 | —0,8 | —0,8 |
| „ 1 Stunde | 173 | 178,6 | —5,6 | —3,1 |
| „ 3 Stunden | 162 | 194,9 | —32,9 | —16,9 |
| Nach 2 Minuten | 70,7 | 69,9 | 0,8 | 1,1 |
| „ 1 Stunde | 122 | 122,2 | —0,2 | —0,2 |
| „ 3 Stunden | 124 | 135,4 | —11,4 | —8,4 |
| Nach 2 Minuten | 44,1 | 45,1 | —1,0 | —2,2 |
| „ 1 Stunde | 68,9 | 68,4 | 0,5 | 0,7 |
| „ 3 Stunden | 68,7 | 71,9 | —3,2 | —4,5 |




Aktivitätskurven von Radiumemanation nach Ausschütteln der Emanation aus 1 Liter Wasser. Gemessen mit 2 Fontaktoskopen nach Engler u. Sieveking mit Blättchenelektroskop und 10-Liter-Kanne.

—⊙—⊙— Fontaktoskop offen.
---+---+--- „ zwischen den Messungen durch Gummistopfen verschlossen.
● — Anfangsaktivität zur Zeit 0, berechnet als 47 Proz. der Maximalaktivität.

Fig. 1.

Zur Kontrolle wurden auf unsere Veranlassung auch noch von den Herren Dr. E. Czakó und L. Hauck Vergleichsversuche mit Kohlensäure-Luftgemischen mit etwa $^1/_2$ Proz. $CO_2$ ausgeführt. Das Gemisch wurde mit einer Zirkulationspumpe auf eine Anzahl 10-Literflaschen gleichmäßig verteilt, von welchen dann zwei verschlossen, die anderen mit einer ringförmigen Öffnung im Stopfen wie beim Fontaktoskop stehen gelassen wurden. Nach einer bestimmten Zeit, $^1/_2$, 1 und 3 Stunden, wurde der Gehalt jeder Flasche an Kohlendioxyd durch Absorption in Barytlauge und Rücktitration des Überschusses wie üblich bestimmt. In den offen gebliebenen Flaschen wurde im Mittel eine Konzentrationsabnahme des Kohlendioxyds um 2,8 Proz. nach einer halben Stunde, um 3,9 Proz. nach einer Stunde und um 8,5 Proz. nach drei Stunden festgestellt. Dabei waren besondere Maßnahmen zur Konstanthaltung der Temperatur des Arbeitsraumes nicht getroffen worden.

### 4. Bestimmung des Einflusses der Wassermenge auf das Messungsergebnis.

Bei Emanationsbestimmungen an Wässern, die beim Schütteln mit Luft größere Mengen von Gasen, z. B. Kohlendioxyd, abgeben, ist man genötigt, vor Öffnen der Kanne das Wasser zum Teil aus dem unteren Hahn abzulassen, da sonst infolge des Überdruckes Emanation entweichen würde. Um den Einfluß, den das Ablassen des Wassers auf das Messungsresultat ausübt, zu kontrollieren, haben wir, wie bei 2. zwei Fontaktoskope benutzt, jedes mit der gleichen Menge (1 Liter) Emanationswasser beschickt, $^1/_2$ Minute geschüttelt, und dann aus der einen Kanne entweder sofort oder nach einer Stunde das Wasser abgelassen. Die gefundenen Aktivitätswerte stimmten entweder miteinander überein oder differierten nur um wenige Prozent, was durch Ungenauigkeiten der Voltablesung bedingt sein kann. Ebenso ist es für das praktische Resultat ziemlich belanglos, ob bei Messung stark aktiven Wassers, von welchem nur $^1/_2$ Liter verwendet werden kann, noch $^1/_2$ Liter indifferenten Wassers zugefügt wird oder nicht. Denn der Absorptionskoeffizient der Emanation beträgt für reines Wasser bei 18° C nach Kofler[1]) 0,27, für Quellwasser je nach dem Salzgehalt entsprechend weniger, es verbleiben somit beim Schütteln in der 10-Literkanne in 1 Liter Wasser höchstens 3 Proz., in $^1/_2$ Liter 1,5 Proz. der Emanation gelöst. Diese Menge muß natürlich, obwohl sie geringfügig ist, bei genauen Bestimmungen in Rechnung gesetzt werden.

1) Diese Zeitschr. 9, 6, 1908.

### 5. Bestimmung der Restaktivität nach Auskochen der Emanation aus stark aktivem Wasser.

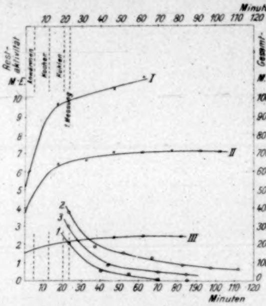
Die auffallende Beobachtung von Hammer und Vohsen, daß bei Aufnahme der Anstiegskurve der Aktivität ausgeschüttelter Emanation im Fontaktoskop die während der ersten Minuten gefundenen Werte höher sind als die theoretisch zu erwartenden, haben wir bei Benutzung des Engler-Sievekingschen Apparats nicht bestätigen können; unsere Kurven wiesen immer recht genau auf den aus dem Sättigungswert berechneten Anfangswert der Aktivität hin.

Dennoch war es von Interesse, auch die anderen Versuche von Hammer und Vohsen einer Nachprüfung zu unterziehen, bei welchen ausgekochtes Emanationswasser auf eine etwaige Restaktivität untersucht wurde.

Wir haben eine große Anzahl von Versuchen ausgeführt, mit „künstlichem“ Wasser, d. h. mit Emanation angereichertem destillierten Wasser, wie auch mit dem von Hammer und Vohsen verwendeten natürlichen Wasser, dem stark aktiven „Brambacher Sprudel“ von der Wettinquelle, A.-G., Brambach i. V.

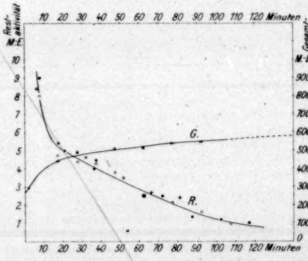
Es wurde jeweils $^1/_2$ Liter des stark aktiven Wassers in einer flachen Eisenpfanne, bei späteren Versuchen in mehreren Platinschalen möglichst rasch zum Sieden erhitzt, 2 bis 8 Minuten lang gekocht und durch Vermischen mit $^1/_2$ kg Eis gekühlt, dann in die Kanne des Fontaktoskops eingefüllt, $^1/_2$ Minute geschüttelt und sofort gemessen. Parallel dazu wurde mit einem zweiten Fontaktoskop die Aktivität des ungekochten Wassers gemessen, von dem jeweils 100 cm³ zu 1 Liter verdünnt verwendet wurden. Die Resultate einiger Versuche sind in den folgenden Diagrammen (Fig. 2 und 3) dargestellt.

Wenn auch die Messungsergebnisse untereinander etwas differieren, so ist doch aus allem, insbesondere aus der Übereinstimmung zahlreicher weiterer Versuche zu ersehen, daß die Anfangsaktivität des ausgekochten Wassers höchstens etwa 3 Proz. der Anfangsaktivität des ungekochten Wassers ausmacht, und daß die Restaktivität bald auf so niedrige Werte sinkt, daß sie praktisch vernachlässigt werden kann. Versuche, bei denen die Ablesung des Voltabfalls am Instrument alle Minuten erfolgte, ergaben einen so steilen Abfall der Kurve in den ersten Minuten, daß die Annahme wohl berechtigt ist, eine Art Lenardeffekt (Wasserfallelektrizität) habe wie bei unseren Versuchen so auch bei denen von Hammer und Vohsen bei sehr rascher Ablesung die hohe Anfangsaktivität vorgetäuscht. Daß dieser Effekt von der Zusammensetzung des Wassers, von seinem




Auskochversuche mit drei verschieden stark aktiven Emanationswässern.
Kurven I, II, III Gesamtaktivitäten.
„ 1, 2, 3 Restaktivitäten nach Auskochen.
Anwärmzeit 4 Min., Kochen 8 Min., Kühlen 8 Min.

Fig. 2.




Auskochversuche mit Wasser von Brambacher Wettinquelle.
*G* Gesamtaktivität zur Zeit unserer Messung.
*R* +, ○, • drei hintereinander aufgenommene Kurven der Restaktivität nach ganz kurzem Kochen.
(Anwärmen + Kochen 2 Min., Kühlen 1 Min. Einfüllen $^1/_2$ Min., Schütteln $^1/_2$ Min.; Mitte der ersten Messung $7^1/_2$ Min. nach Probenahme.)

Fig. 3.

Salz- und insbesondere Kohlensäuregehalt in hohem Maße abhängt, ist bekannt. Bei dem Brambacher Wasser scheint er zufällig recht bedeutend zu sein, denn mit destilliertem oder kochsalzhaltigem inaktivem Wasser haben wir den Effekt nur viel schwächer erhalten.

Die Abklingungskurven der Restaktivität zeigen, daß wir es in der Tat, wie auch Hammer und Vohsen angeben, mit ausgeschüttelten Emanationszerfallsprodukten, speziell *RaC*, zu tun haben. Der Betrag dieser zusätzlichen Aktivität ist jedoch im Vergleich zur Aktivität der Emanation so gering (etwa 1 Proz. oder weniger), daß er das Messungsresultat schwerlich in der Weise beeinflussen kann, wie es nach Hammer und Vohsens Ausführungen den Anschein hat.

### Zusammenfassung.

Durch Parallelversuche mit zwei gleichen Fontaktoskopen nach Engler und Sieveking wurde gezeigt, daß die Messungen auf 1 bis 2 Proz. genau auszuführen sind, sowie daß es von untergeordneter Bedeutung ist, ob das Instrument während einer die Zeit einer Stunde nicht übersteigenden Dauer der Messung offen bleibt oder verschlossen ist[1]) und ob das Wasser nach dem Schütteln im Apparat verbleibt oder abgelassen wird.

Es wurden Anstiegskurven der Aktivität aufgenommen, die sich, besonders während der ersten Stunde, der theoretischen Kurve gut anschließen. Mit ausgekochtem Emanationswasser wurden Restaktivitäten gemessen, die 2 Proz. oder weniger von der Gesamtaktivität betragen, somit praktisch zu vernachlässigen sind.

Es ist demnach möglich, mit Hilfe des Engler-Sievekingschen Fontaktoskops die Radioaktivität von Emanationswässern mit einer für praktische Zwecke völlig ausreichenden Genauigkeit zu bestimmen[2]). Voraussetzung ist natürlich, daß die von dem Ausschütteln der Emanation bis zur Messung verstrichene Zeit genau vermerkt wird, da die gefundene Aktivität zwecks Vergleichung der Werte untereinander entweder auf den Anfangspunkt (reine Emanation) oder auf das nach etwa drei Stunden erreichte Maximum (Emanation im Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten) umgerechnet werden muß[3]). Für absolute Aktivitätsbestimmungen ist es ferner unerläßlich, das Resultat der Messung mit dem Duaneschen Korrektionsfaktor zu multiplizieren. Dann kann die Umrechnung von Sättigungsstrom auf Emanationsmenge erfolgen: 2500 Macheeinheiten Aktivität entsprechen 1 Mikrocurie Emanation im Liter.

Da bei den zahlreichen Messungen, welche mit unserem Fontaktoskop ausgeführt worden sind, die Duanesche Korrektur bisher unberücksichtigt geblieben ist, da es ferner, besonders bei gashaltigem, emanationsreichem sowie sehr warmem Wasser, praktisch kaum möglich ist, eine Probe ohne Emanationsverlust in das Fontaktoskop zu bringen, so sind die erhaltenen Resultate eher zu niedrig als zu hoch anzusehen.

1) Bezüglich der einfachen Abschlußvorrichtung vgl. die Beschreibung unseres verbesserten Fontaktoskops in Chem.-Ztg. 1914, S. 449.

2) Vgl. auch Ramsauer u. Holthusen, Heidelb. Akad. Ber. B 1913, Nr. 2, S. 13.

3) Vgl. H. W. Schmidt, diese Zeitschr. **6**, 561, 1905; Hammer u. Vohsen, diese Zeitschr. **14**, 451, 1913.

(Eingegangen 23. März 1914.)

## Die Änderung der Absorption des Lichtes durch Wasser infolge der Gegenwart stark hydrierter Salze, gemessen mit Hilfe des Radiomikrometers. — Bedeutung der Ergebnisse für die Solvattheorie der Lösungen. (The absorption of light by water changed by the presence of strongly hydrated salts, as measured by means of the radiomicrometer. — Bearing of the results on the solvate theory of solution.) (79. Mitteilung.)

Von E. J. Shaeffer, M. G. Paulus und Harry C. Jones.

Im vorigen Jahre haben Guy, Shaeffer und Jones in dieser Zeitschrift[1]) eine Mitteilung veröffentlicht, die im wesentlichen den obenstehenden Titel trägt. In der genannten Veröffentlichung wurde dargelegt, daß wässerige Lösungen solcher Salze, die nicht in irgendwie merklichem Maße hydrieren, wenn die Salze an sich keine Absorption haben, nahezu ebenso durchlässig sind wie reines Wasser. Eine Schicht Wasser und eine Schicht der Lösung, die eine Schicht Wasser von der gleichen Dicke wie die Schichtdicke des reinen Wassers enthielt, hatten im wesentlichen dieselbe Absorption. Die geringen Unterschiede konnten als Folgen der geringen Hydrierung der in Rede stehenden Salze erklärt werden.

Wenn hingegen stark hydrierte Salze zur Anwendung gelangten, wurden ganz andere Ergebnisse erhalten. Dann waren die Lösungen für gewisse Wellenlängen durchlässiger als reines Wasser, und die Absorptionsbanden waren nach Rot hin verschoben. Da wir die oben charakterisierten Ergebnisse stets erhielten, so oft wir ein nicht hydrierendes Salz verwandten, und da sich die letztgenannten Ergebnisse jedesmal zeigten, wenn ein stark hydrierendes Salz zur Anwendung gelangte, so folgerten wir, daß die Erscheinung mit der Hydratbildung in engem Zusammenhang stehe. Die einfachste Erklärung schien die zu sein, daß Wasser in Verbindungen eine andere Absorption, und zwar eine geringere, hat als „freies" Wasser.

Kürzlich ist eine Arbeit von A. K. Ångström[2]) über die selektive Reflektion von Lösungen im Ultrarot erschienen, welche Ergebnisse von demselben allgemeinen Charakter aufführt, wie sie im hiesigen Institut auf Grund des Studiums der Absorptionsspektren von Lösungen gefunden worden sind. Ångström fand, daß Lösungen solcher Salze, die keine Hydrate bilden, oder die ihr Hydrat-

1) Diese Zeitschr. **14**, 278, 1913.

2) A. K. Ångström, Selective Reflection from Solutions in the Infra-Red. Phys. Rev. (2) **3**, 47, 1914.

wasser lose halten, beispielsweise Natriumchlorid, Kaliumnitrat, Natriumsulfat und Kupfersulfat, das Reflexionsmaximum nicht merklich verschieben, daß hingegen Lösungen der stark hydrierten Salze, wie Kalziumchlorid und Strontiumchlorid, sowohl das Maximum als auch das Minimum verschieben, und zwar beide ungefähr um denselben Betrag, und daß sie somit eine wirkliche Veränderung der Lage der Bande aufweisen.

### Verbesserungen an der Apparatur.

Die vorgenannten Ergebnisse waren so überraschend und von so grundlegender Bedeutung wegen ihrer Tragweite für die Solvattheorie der Lösungen, daß es wünschenswert war, die Untersuchung der früher untersuchten Salze zu wiederholen und sie durch die Untersuchung anderer stark hydrierter Verbindungen zu ergänzen. Zuvor war es jedoch wünschenswert, die Apparatur in jeder möglichen Hinsicht zu verbessern.

Das Radiomikrometer wurde mit einem stabileren Untergestell versehen. Es wurde auf allen Seiten mit einer etwa 30 Zentimeter dicken Lage von Watte umgeben, so daß nur die Lötstelle der Strahlung ausgesetzt war. Das Instrument zeigte keine störende Wanderung, und wenn das Zimmer auf einigermaßen gleichmäßiger Temperatur gehalten wurde, war die Nullstellung merklich konstant. Der als Lichtquelle dienende Nernstsche Glühkörper wurde in einen Kasten aus Asbestpappe eingeschlossen, der ihn wirksam gegen Luftströmungen schützte. Daß die Stromstärke sehr konstant erhalten wurde, bewies die enge Übereinstimmung zwischen wiederholten Ablesungen, wie sie in den Tabellen angegeben sind.

Die zur Aufnahme der Lösungen dienenden Tröge waren im Prinzip dieselben, die bei der früheren Untersuchung benutzt worden waren. Indessen wurde das Verfahren zur Einstellung des Abstandes zwischen den Enden sehr verbessert. Wir stellten eine sorgfältig ausgeführte Stellmutter her und schraubten diese so an den äußeren Teil des Troges an, daß sich der innere Teil, je nach der Richtung, in welcher die Mutter gedreht wurde, hob oder senkte. Jede volle Umdrehung der Mutter vermehrte oder verminderte den Abstand zwischen den Platten um ein Millimeter. Die Mutter wurde mit der Teilmaschine in hundert Teile geteilt. Mit dieser Einrichtung bot es uns keine Schwierigkeit, die Platten bis auf weniger als ein Hundertstel Millimeter genau auf jeden beliebigen gegenseitigen Abstand einzustellen. Die benutzten Tröge wurden einander so ähnlich wie möglich gemacht, und die gläsernen Endplatten wurden parallel zueinander eingestellt. Mit welcher Annäherung wir dieses Ergebnis erreichten, lehren die nachstehenden Daten, welche die wirklichen Ausschläge für den Fall angeben, daß in jeder der beiden Zellen zehn Millimeter Wasserschicht benutzt wurden. Der Trommelkopf des Spektroskops wurde in dem ganzen Spektralgebiet, das wir untersuchten, von zehn zu zehn Teilen eingestellt; so oft es nun erforderlich wurde, in einem der Tröge die Platten neu einzustellen, verglichen wir diesen Trog mit dem anderen, um uns zu vergewissern, daß beide Tröge unter denselben Bedingungen dieselben Ausschläge lieferten.

Die nachstehende Tabelle wird dartun, welchen Grad von Übereinstimmung zwischen den mit den beiden Trögen erhaltenen Ergebnissen wir erreicht haben.

Tabelle I.

| $\lambda$ | Trog I. | Trog II. |
|---|---|---|
| 706 | 27,5 | 27,5 |
| 746 | 38,0 | 38,0 |
| 787 | 50,5 | 50,5 |
| 833 | 65,0 | 65,0 |
| 886 | 79,5 | 79,0 |
| 941 | 91,5 | 92,0 |
| 1003 | 79,5 | 79,5 |
| 1006 | 123,0 | 123,0 |
| 1138 | 135,5 | 136,0 |
| 1216 | 63,5 | 63,5 |
| 1292 | 65,0 | 65,0 |
| 1362 | 45,5 | 45,5 |
| 1429 | 7,0 | 7,0 |

Das experimentelle Problem bestand darin, die Durchlässigkeit einer gegebenen Schicht der Lösung zu messen und sie dann mit der Durchlässigkeit einer Schicht reinen Wassers zu vergleichen, die gerade so viel Wasser enthielt, wie in der Lösung vorhanden war. Um die Wasserbande bei 1 $\mu$ zu untersuchen, wählten wir eine Schichtdicke der Lösung von 20 mm, während wir für die Untersuchung der Wasserbande bei 1,25 $\mu$ eine Schichtdicke von 10 mm wählten. Diese Schichtdicken der Lösung lieferten bei keiner einzigen Wellenlänge einen Ausschlag auf der Skala, der kleiner als 25 mm wäre. Der größte unter diesen Verhältnissen erhaltene Ausschlag betrug etwa 230 mm. Nur am Anfange der ersten Wasserbande, sowie am

äußersten Ende der ersten und der zweiten Wasserbande lieferten diese Schichtdicken der Lösung Ausschläge von nur 25 mm. Unter gewöhnlichen Verhältnissen konnten wir die Skala auf ein halbes Millimeter genau ablesen.

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit einer gegebenen Schichtdicke der Lösung und des Lösungsmittels verwandten wir eine Differentialmethode. Angenommen, die Lösung enthielte 80 Volumprozente Wasser; dann stellten wir den einen Trog so ein, daß die Schichtdicke der Lösung in ihm 21 mm betrug. Die Schichtdicke der Lösung in dem anderen Troge betrug 1 mm. Der Ausschlag, den die dickere Schicht lieferte, ergab, durch den seitens der flacheren Schicht gelieferten dividiert, die absolute Durchlässigkeit einer Schicht der Lösung, die 20 mm dick war. Nach der oben gemachten Annahme waren in dem einen Troge 16,8 mm Wasser enthalten und in dem zweiten Troge 0,8 mm. Wir füllten alsdann die Tröge mit diesen Wasserschichten und erhielten nach der vorstehend geschilderten Differentialmethode die Durchlässigkeit von 16 mm Wasser. Auf diese Weise verglichen wir somit die Durchlässigkeit des Wassers in der Lösung mit jener derselben Schichtdicke reinen Wassers unter denselben Bedingungen. Den Prozentgehalt an Wasser erhielten wir aus dem spezifischen Gewicht und der Konzentration der Lösung.

Bei den folgenden Tabellen ist zu beachten, daß für die Wellenlängen $\lambda = 706\ \mu\mu$, $\lambda = 1003\ \mu\mu$ und $\lambda = 1246\ \mu\mu$ doppelte Ergebnisse mitgeteilt sind. Sowohl das Wasser als auch die Lösung haben bei $\lambda = 706\ \mu\mu$ eine Durchlässigkeit von ungefähr 97 v. H., und nachdem die Tröge an ihren Platz gebracht worden waren, machten wir eine große Anzahl von Ablesungen, um die wahre Durchlässigkeit an dieser Stelle zu erhalten. Nachdem wir weitere zehn oder fünfzehn Ablesungen gemacht hatten, ließen wir abermals die Wellenlänge $\lambda = 706\ \mu\mu$ auf die Lötstelle fallen, um zu sehen, ob irgendeine Änderung eingetreten war. Für gewöhnlich war keine merkliche Änderung zu verzeichnen. Dieses Verfahren wiederholten wir bei $\lambda = 1003\ \mu\mu$ und bei $\lambda = 1246\ \mu\mu$ nach Beendigung der ganzen Ablesungsreihe.

Bei der Eichung des Prismentisches benutzten wir gewisse Wasserbanden im Ultrarot. Durch Vornahme wiederholter Ablesungen bei $\lambda = 1003\ \mu\mu$ und $\lambda = 1246\ \mu\mu$ konnten wir uns vergewissern, daß sich die Stellung des Prismas nicht verändert hatte.

In den nachstehenden Tabellen sind unter $\lambda$ die Wellenlängen angegeben. Die Durchlässigkeiten der benutzten Salze und ihre Konzentrationen sind in den Spalten unter den betreffenden Salzen angegeben. Die Durchlässigkeiten des Wassers, die denen der in Rede stehenden Salze vergleichbar sind, sind in derselben Horizontalreihe gleich hinter dem Salze angegeben.

Wir machen auf die beiden Messungsreihen für Magnesiumchlorid in Tabelle II aufmerksam. Die Untersuchung in der zweiten Reihe wurde vier Wochen nach jener in der ersten Reihe vorgenommen; dabei wurde in beiden Fällen dieselbe Lösung benutzt. In Anbetracht dieses Umstandes und der der Untersuchung anhaftenden Schwierigkeiten sehen wir die Übereinstimmung zwischen den beiden Reihen als befrie-

Tabelle II.

Trogtiefe 20 mm.

| $\lambda$ | $KCl$ 3,5 N. | $H_2O$ | $MgCl_2$ 4,49 N. | $H_2O$ | $MgCl_2$ 4,49 N. | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 706 | 98,4 | 98,0 | 96,4 | 97,3 | 96,4 | 96,4 |
| 706 | 98,4 | 98,0 | 95,3 | 97,3 | 97,3 | 97,3 |
| 746 | 93,6 | 96,0 | 90,3 | 94,9 | 93,7 | 93,7 |
| 766 | 92,5 | 94,5 | 93,7 | 95,4 | 92,3 | 94,6 |
| 770 | — | — | 92,8 | 94,8 | 91,6 | 95,1 |
| 774 | — | — | 92,0 | 95,7 | 92,8 | 93,9 |
| 778 | — | — | 90,3 | 94,3 | 91,2 | 93,1 |
| 787 | 93,5 | 94,3 | 92,0 | 96,2 | 94,4 | 95,3 |
| 809 | 96,5 | 96,5 | 92,2 | 95,8 | 92,7 | 95,1 |
| 833 | 93,3 | 94,0 | 93,0 | 94,0 | 93,6 | 93,5 |
| 857 | 90,7 | 92,1 | 88,9 | 91,8 | 91,2 | 91,6 |
| 886 | 90,0 | 90,5 | 88,5 | 90,4 | 90,4 | 89,9 |
| 913 | 89,8 | 88,5 | 85,3 | 88,7 | 87,3 | 88,3 |
| 941 | 81,5 | 81,3 | 80,6 | 79,7 | 82,3 | 79,7 |
| 952 | 72,7 | 72,3 | 74,6 | 70,0 | 76,7 | 71,4 |
| 965 | 63,1 | 61,2 | 65,6 | 59,0 | 67,4 | 60,8 |
| 972 | 56,8 | 56,3 | 60,7 | 54,4 | 61,7 | 54,7 |
| 978 | 51,8 | 51,3 | 56,2 | 49,7 | 56,6 | 50,8 |
| 984 | 48,5 | 47,8 | 52,7 | 46,6 | 53,3 | 47,3 |
| 990 | 45,2 | 45,2 | 49,4 | 45,1 | 49,6 | 45,3 |
| 996 | 44,3 | 45,0 | 46,8 | 44,7 | 47,0 | 44,6 |
| 1003 | 43,8 | 44,6 | 46,0 | 44,9 | 46,0 | 45,5 |
| 1003 | 43,8 | 45,0 | 47,2 | 45,3 | 46,3 | 45,3 |
| 1010 | 45,8 | 45,8 | 45,6 | 46,8 | 46,0 | 46,5 |
| 1017 | 46,7 | 47,5 | 46,7 | 48,3 | 46,8 | 48,4 |
| 1024 | 50,0 | 50,0 | 48,7 | 51,3 | 48,6 | 50,3 |
| 1029 | 52,6 | 52,5 | 50,7 | 53,7 | 49,9 | 52,9 |
| 1035 | 55,9 | 55,2 | 53,3 | 57,0 | 52,8 | 55,3 |
| 1041 | 59,2 | 58,7 | 56,2 | 60,0 | 55,5 | 58,4 |
| 1053 | 66,2 | 64,8 | 62,2 | 66,3 | 61,6 | 64,3 |
| 1066 | 71,8 | 70,3 | 66,7 | 71,5 | 65,3 | 68,7 |
| 1081 | 75,3 | 73,2 | 70,9 | 74,3 | 68,7 | 73,3 |
| 1095 | 76,5 | 74,8 | 71,5 | 75,7 | 71,2 | 74,3 |
| 1110 | 75,3 | 74,3 | 70,4 | 74,2 | 74,4 | 73,4 |
| 1123 | 73,0 | 71,5 | 67,3 | 70,2 | 64,4 | 71,2 |
| 1138 | 66,7 | 65,8 | 63,3 | 64,1 | 63,4 | 64,8 |
| 1146 | 62,4 | 61,0 | — | — | — | — |
| 1153 | 57,3 | 56,0 | 56,6 | 53,7 | 57,7 | 55,2 |
| 1161 | 52,1 | 49,6 | 51,6 | 47,4 | 52,8 | 50,0 |
| 1168 | 45,8 | 44,7 | 46,8 | 41,7 | 48,6 | 43,0 |
| 1175 | 39,5 | 38,3 | 41,5 | 34,8 | 43,7 | 37,0 |
| 1183 | 33,8 | 32,5 | 36,2 | 29,5 | 37,3 | 31,8 |
| 1192 | 28,5 | 27,2 | 30,4 | 24,5 | 32,2 | 26,4 |
| 1200 | 22,8 | 21,9 | 26,1 | 19,6 | 27,4 | 21,6 |
| 1208 | 18,2 | 17,1 | 21,3 | 16,1 | 23,2 | 17,4 |
| 1216 | 14,5 | 14,7 | 17,8 | 14,2 | 19,1 | 14,5 |
| 1224 | 12,7 | 12,7 | 14,8 | 12,6 | 15,7 | 12,6 |
| 1231 | 12,1 | 12,1 | 13,4 | 11,8 | 13,5 | 11,8 |

Tabelle III.

Trogtiefe 10 mm.

| λ | $KCl$ 3,5 N. | $H_2O$ | $KCl$ 3,5 N. | $H_2O$ | $MgCl_2$ 4,49 N. | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 706 | 97,0 } | 99,0 } | 98,3 } | 98,3 } | 98,3 } | 96,5 } |
| 706 | 97,0 } | 99,0 } | 98,3 } | 98,3 } | 98,1 } | 96,5 } |
| 1153 | 72,9 | 73,6 | 73,3 | 73,5 | 74,8 | 72,7 |
| 1168 | 63,2 | 63,4 | 63,1 | 63,4 | 67,2 | 62,3 |
| 1175 | 58,2 | 58,3 | 58,2 | 58,3 | 62,6 | 57,4 |
| 1183 | 52,5 | 53,6 | 52,0 | 53,5 | 58,5 | 52,9 |
| 1192 | 47,8 | 48,5 | 47,0 | 48,5 | 55,1 | 48,7 |
| 1200 | 42,7 | 44,4 | 42,4 | 44,5 | 49,7 | 44,3 |
| 1208 | 38,3 | 40,2 | 37,7 | 40,0 | 45,8 | 40,0 |
| 1216 | 34,8 | 37,2 | 34,0 | 37,4 | 41,7 | 37,0 |
| 1231 | 33,0 | 34,5 | 31,6 | 34,6 | 36,9 | 34,0 |
| 1238 | 31,6 | 33,2 | 31,0 | 34,2 | 35,5 | 33,8 |
| 1246 | 31,0 } | 33,2 } | 31,4 } | 34,1 } | 34,2 } | 33,3 } |
| 1246 | 31,2 } | 33,5 } | 31,6 } | 34,0 } | 34,2 } | 33,3 } |
| 1254 | — | — | — | — | 33,6 | 33,8 |
| 1261 | 32,7 | 33,3 | 33,0 | 34,2 | 33,4 | 34,3 |
| 1269 | 33,4 | 34,4 | 33,4 | 35,4 | 33,8 | 34,6 |
| 1278 | 34,6 | 34,6 | 34,8 | 34,3 | 34,9 | 35,4 |
| 1292 | 36,1 | 35,1 | 36,6 | 35,4 | 35,0 | 35,7 |
| 1306 | 37,0 | 35,1 | 37,6 | 35,2 | 35,1 | 35,4 |
| 1313 | 37,2 | 34,7 | 38,0 | 35,1 | 35,6 | 35,2 |
| 1321 | 36,9 | 33,4 | 37,3 | 33,8 | 34,3 | 34,3 |
| 1334 | 35,7 | 32,3 | 35,0 | 32,3 | 33,0 | 32,2 |
| 1348 | 32,8 | 29,1 | 31,7 | 28,9 | 31,0 | 28,8 |
| 1362 | 28,7 | 24,4 | 27,5 | 24,2 | 28,2 | 24,5 |
| 1377 | 24,2 | 19,7 | 24,5 | 20,2 | 23,6 | 20,4 |
| 1388 | 19,0 | 15,8 | 18,0 | 15,8 | 19,5 | 15,4 |
| 1400 | 15,1 | 12,5 | 14,0 | 12,2 | 15,5 | 11,9 |
| 1414 | 11,3 | 10,0 | 10,0 | 9,5 | 14,1 | 11,7 |

digend an. Bei Untersuchung der Wasserbande bei 1 $\mu$ betrug die Schichtdicke der Lösung stets 20 mm; die Schichtdicke der Lösung betrug 10 mm, wenn die Wasserbande bei 1,25 $\mu$ untersucht wurde. Es ist zu beachten, daß beim Kaliumchlorid zwei Messungsreihen angegeben sind. Die Übereinstimmung ist befriedigend und lehrt, daß man bei einer Wiederholung der Untersuchung im wesentlichen dieselben Ergebnisse erhalten kann. Bei der Wiederholung der Untersuchung am Kaliumchlorid stellten wir eine neue Lösung her. In einer Anzahl von Fällen wiederholten wir die Ablesungen bei einzelnen Wellenlängen.

Die meisten Daten haben wir der Raumersparnis halber fortgelassen, da sie in den Kurven veranschaulicht sind. In Tabelle II sind für Magnesiumchlorid doppelte Ergebnisse angeführt, während in Tabelle III für Kaliumchlorid doppelte enthalten sind. Diese Angaben werden zeigen, welcher Grad von Übereinstimmung zwischen aufeinanderfolgenden Ablesungen besteht, und werden einigen Aufschluß über die Zuverlässigkeit der Ergebnisse geben.

Die Beobachtungen sind in den Kurven 1 bis 12 graphisch dargestellt. Die Ordinaten geben die prozentische Durchlässigkeit und die Abszissen die Wellenlängen an.

Die fein ausgezogenen Kurven stellen in jedem Falle die Durchlässigkeit des Wassers dar, die stark ausgezogenen Kurven die Durchlässigkeit der Lösung. Die Beziehung, die man aus diesen Daten und Kurven erhält, ist die, daß beim Minimum der Durchlässigkeit die Kurve für die Lösung mit **einer** Ausnahme — $Zn(NO_3)_2$ — stets oberhalb der Kurve für die

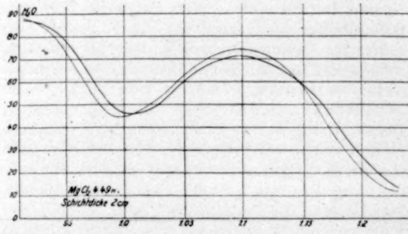



Fig. 1.

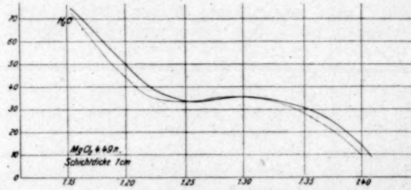



Fig. 2.

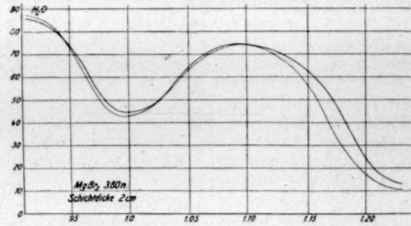



Fig. 3.

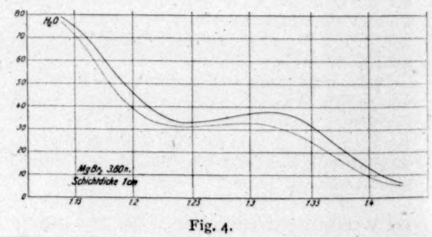



Fig. 4.

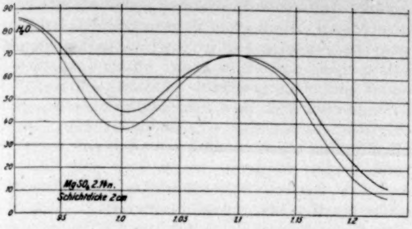



Fig. 5.

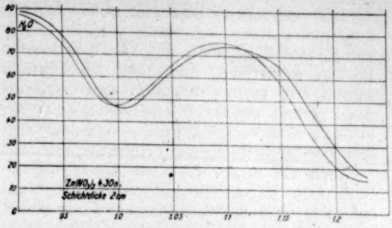



Fig. 9.

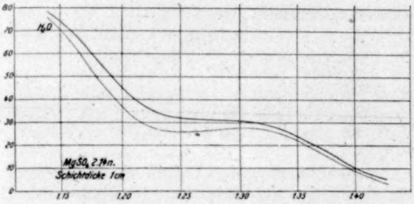



Fig. 6.

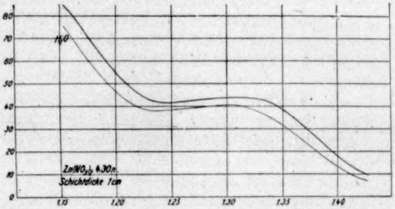



Fig. 10.

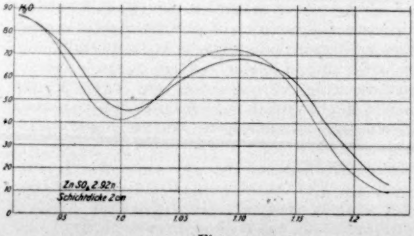



Fig. 7.

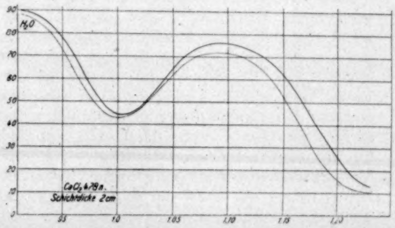



Fig. 11.

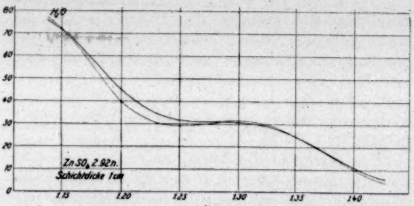



Fig. 8.

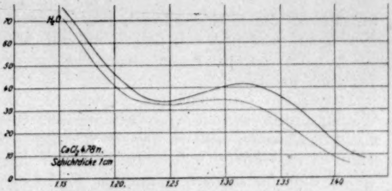



Fig. 12.

Durchlässigkeit des Wassers liegt. Das bedeutet, daß beim Maximum der Absorption die Lösung durchlässiger ist als reines Wasser, und zwar selbst in den Fällen, wo die Absorptionsbande nicht merklich verschoben ist.

Die Lösungen einer Anzahl von Salzen sind bei allen untersuchten Wellenlängen durchlässiger als reines Wasser. In anderen Fällen liegt eine ausgesprochene Verschiebung der Absorptionsbande der Lösung gegen Rot hin vor; in solchen Fällen können sich die beiden Kurven schneiden.

Die von Guy, Shaeffer und Jones[1]) aufgestellte Beziehung, nach welcher Lösungen solcher Salze, die nur schwach hydrieren, im wesentlichen dieselbe Absorption haben wie reines Wasser, stellt sich als das Ergebnis unserer Wiederholung ihrer Arbeit mit verbesserter Apparatur und nach verbesserter Methode ebenfalls heraus.

Auch die in der früheren Arbeit betonte Beziehung, daß Lösungen von Salzen mit hohem Hydrierungsvermögen, wie Magnesiumchlorid, Magnesiumbromid, Magnesiumsulfat, Kalziumchlorid, Zinksulfat und Zinknitrat, bei vielen Wellenlängen durchlässiger sind als reines Wasser von derselben Schichtdicke wie das in der betreffenden Lösung enthaltene Wasser, finden wir bestätigt.

Die größten Unterschiede zwischen der Absorption des Wassers und jener der Lösung zeigen sich dort, wo das Absorptionsvermögen des Wassers am größten ist. Diese Unterschiede belaufen sich zuweilen bis auf 40 v. H.

In einer in dieser Zeitschrift[2]) erschienenen kurzen Arbeit macht G. H. Livens auf die vermeintliche Tatsache aufmerksam, daß in einer vorläufigen Mitteilung[3]) über diesen Gegenstand aus dem hiesigen Institut einige der Ergebnisse mit gewissen aus der Lorentzschen Theorie der Dispersion und Absorption des Lichts hergeleiteten Folgerungen im Einklang stehen. Auf Grund dieser vermeintlichen Tatsache weist Herr Livens dann nach, daß sich die früheren im hiesigen Institut erhaltenen Versuchsergebnisse auf ganz andere Weise erklären lassen als durch die seinerzeit von uns gegebene Deutung.

Vier von den Kurven, die wir in unserer ersten Arbeit veröffentlicht haben, schienen mit den Folgerungen von Livens im Einklang zu stehen; die beiden übrigen tun es sicherlich nicht, und überdies hat er unserer Meinung nach die Sachlage insofern nicht gebührend berücksichtigt, als er den Umstand vernachlässigt hat, daß die Kurven für das Lösungsmittel und für die Lösung bei drei nicht hydrierten Salzen praktisch identisch sind. Die frühere Arbeit hat deutlich dargetan, daß nur bei den hydrierten Salzen ausgesprochene Unterschiede zwischen der Durchlässigkeit des Lösungsmittels und jener der Lösung zu bemerken waren.

Wir haben die vier in Rede stehenden Kurven nochmals aufgenommen und dazu die Messungen wiederholt.

Diese neuesten Ergebnisse scheinen uns zu berechtigen, an unserer ursprünglichen Erklärung festzuhalten. Wir sind nunmehr ziemlich sicher, daß sich keine unserer Kurven durch die oben erwähnten Livensschen Ableitungen erklären läßt. Weshalb diese neuerdings erhaltenen Kurven von den früher veröffentlichten etwas verschieden sind, soll weiter unten erklärt werden.

Nach Livens läßt sich das Absorptionsmaximum des Lösungsmittels durch

$$\mu_0 \varkappa_0 = \frac{\varrho'}{2 n_0 n'}$$

darstellen, während das der Lösung

$$\mu \varkappa = \frac{\mu_0 \varkappa_0}{(1 - aA)^2}$$

ist, wo

$$A = \sum \frac{e^2}{k - m n_0^2}$$

ist.

In allen untersuchten Fällen, mit Ausnahme der Bande bei 1 μ für Zinknitrat, ist das Absorptionsmaximum der Lösung übereinstimmend kleiner, und in vielen Fällen ausgesprochen kleiner, als das Absorptionsmaximum des Lösungsmittels. Bei diesem Sachverhalt müssen wir notwendig annehmen, daß $A$ kleiner ist als 0, und das erfordert eine Verschiebung der Absorptionsbande nach Violett zu. Es liegt nicht das geringste Anzeichen dafür vor, daß irgendwelche Banden nach Violett zu verschoben werden; im Gegenteil, die geringe Verschiebung, die in der Mitte der Bande auftritt, ist in allen Fällen entschieden nach Rot hin gerichtet.

Man ersieht somit, daß unsere Versuchsergebnisse für die hydrierten Salze keineswegs durch die Folgerungen des Herrn Livens zu erklären sind; diese Folgerungen vermögen überdies die Tatsache nicht zu erklären, daß zwischen der Durchlässigkeit der Lösungen und jener des Lösungsmittels bei den nicht hydrierten Salzen kein merklicher Unterschied besteht.

Uns erscheint die Annahme vernunftgemäß, daß die Schwingungszahl der Elektronen beim Wasser in Verbindungen nicht dieselbe ist wie beim reinen Wasser. Weshalb der Faktor $A$ bei hydrierten Salzen solch ausgesprochenen Einfluß hat, und bei nicht hydrierten Salzen von nahezu derselben Konzentration nicht, das scheint uns auf jeder anderen Grundlage als auf jener der Solvattheorie der Lösungen schwer zu erklären.

Wie man bemerken wird, ist in nahezu allen

1) Diese Zeitschr. **14**, 278, 1913.
2) Diese Zeitschr. **14**, 660, 1913.
3) Diese Zeitschr. **14**, 278, 1913.

Fällen der Unterschied zwischen dem Absorptionsmaximum des Lösungsmittels und jenem der Lösung klein, und nur unter Anwendung der allergrößten Sorgfalt kann man bei dieser ihrer Natur nach so schwierigen Untersuchung, die doch so viele einzelne und verschiedene Operationen erfordert, übereinstimmende Ergebnisse erhalten. Infolgedessen ist es nicht vernünftig, auf einem so unsicheren Grunde, wie ihn die Absorptionsmaxima des Lösungsmittels und der Lösung allein ausmachen, irgendwelche endgültige Schlüsse aufzubauen, zumal, wo die Arbeit soeben erst begonnen war und die zu jener Zeit untersuchten Fälle noch so wenig zahlreich waren. Daß das Absorptionsmaximum des Lösungsmittels in vier der zuerst veröffentlichten Kurven höher war, beruht wahrscheinlich auf einem oder dem anderen der folgenden Gründe: Es ist nicht leicht, die Messingtröge und die exponierten Teile des Woodschen Metalles, das die Endstücke in ihrer Lage hält, so mit Gold zu plattieren, daß die konzentrierten und in manchen Fällen stark hydrolysierten Lösungen nicht mit irgendeinem der metallischen Bestandteile reagieren und so zu Strömungen in der Lösung und zu einer geringen Opaleszenz Anlaß geben. Dieser Umstand brachte bei den ersten Arbeiten über diese Frage viele Störungen mit sich; wir können aber zuversichtlich behaupten, daß bei den Arbeiten, deren Ergebnisse wir hier veröffentlichen, jede der untersuchten Lösungen vollkommen klar blieb. Wenn sich irgendwelche Trübung bildete, wurden die Tröge sofort neu plattiert und die Arbeit wiederholt.

Die Wirkung einer Opaleszenz in der Lösung würde natürlich die Absorption erhöhen und die Lösung in der Mitte der Bande weniger durchlässig machen. Bei der Füllung des Troges mit der Lösung besteht große Gefahr die gläsernen Endplatten mit der gelösten Substanz zu beschmutzen. Es wurde ermittelt, daß ein fast unsichtbarer Überzug aus der gelösten Substanz auf den gläsernen Endplatten des Troges die Absorption um 5 v. H. erhöhen würde. Solche Überzüge werden durch die gewöhnlichen Reinigungsverfahren nicht genügend beseitigt. Wenn die Tröge mit Wasser gefüllt wären, würden wir natürlich keine derartige Wirkung erhalten, wie wir sie soeben bei Lösungen erwähnt haben. Bei dieser ganzen Untersuchung haben wir besonders sorgsam darauf geachtet, daß die gläsernen Endplatten der Tröge gründlich gereinigt wurden.

Wir fassen zusammen: Die Arbeit, über die wir hier berichtet haben, lehrt, daß wässerige Lösungen nicht hydrierter Salze sehr nahezu dieselbe Absorption haben wie reines Wasser von derselben Schichtdicke wie das Wasser in der Lösung, und daß stark hydrierte Salze im allgemeinen eine viel geringere Absorption haben als eine Schicht Wasser von der gleichen Dicke wie das Wasser in der Lösung. Wir haben zu den in der früheren Arbeit aufgeführten Beispielen eine Anzahl neuer hinzugefügt.

Der Versuch des Herrn Livens, diese Tatsachen auf anderer Grundlage zu erklären als auf jener der Solvattheorie der Lösungen, kann aus den oben dargelegten Gründen nicht als erfolgreich angesehen werden.

Eine Untersuchung über den Einfluß der Solvatbildung auf die Absorptionsspektren von Lösungen in anderen Lösungsmitteln als Wasser und in gemischten Lösungsmitteln ist augenblicklich im Gange.

Diese Untersuchung wurde mit Hilfe von Stipendien ausgeführt, die Herrn H. C. Jones seitens der Carnegie Institution of Washington gewährt worden sind.

Johns-Hopkins-Universität, im Januar 1914.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 9. März 1914.)

---

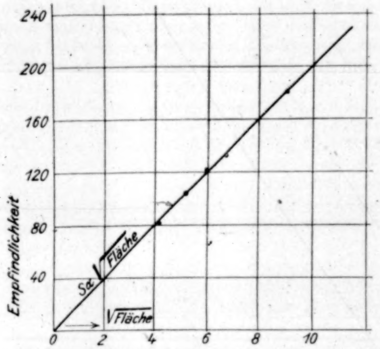
## Die Empfindlichkeit von Thermosäulen. (The Sensitivity of Thermopiles.)

Von W. W. Coblentz.

Während der letzten zwei Jahre habe ich verschiedene Untersuchungen an Thermosäulen ausgeführt und kurze Berichte über die Ergebnisse veröffentlicht. Beim Durchlesen eines dieser Berichte[1]), der als vorläufige Mitteilung zu einer vollständigen Veröffentlichung gedacht ist, finde ich einen Satz, der eine Berichtigung erfordert. Die Empfindlichkeit von vier Empfängern mit exponierten Flächen von $1 \times 1$ mm ist nicht viermal so groß wie die eines einzigen Empfängers von $1 \times 1$ mm, und mithin nicht zweimal so groß wie die Empfindlichkeit eines einzigen Empfängers von $1 \times 4$ mm. Wenn die Empfindlichkeit des einzelnen langen Empfängers dem Gesetz der Quadratwurzel der Fläche folgte, würde der eine lange Empfänger gegenüber den vier kurzen, welche dieselbe Länge einnehmen, keinen Unterschied aufweisen. Der ganze Gewinn bei Verwendung der vier kleinen Empfänger ist vielleicht 50 v. H. Dieser Gewinn ist die Folge des Umstandes, daß bei einem einzelnen Empfänger die Empfindlichkeit nach meinen Versuchen einen günstigsten Wert be-

1) W. W. Coblentz, diese Zeitschr. **14**, 683, 1913; Zeitschr. f. Instrkde. **34**, 14, 1914.

sitzt, der etwas höher ist als nach dem Gesetz der Quadratwurzel, und den man beobachtet, wenn man den Vergleich an einem sehr kurzen oder einem sehr langen Empfänger anstellt. Bei einer vollständigen Thermosäule folgt die Empfindlichkeit genau dem Quadratwurzelgesetz, wie die Figur zeigt. Die untersuchte Thermo-




säule aus Wismut und Silber bestand aus 18 hintereinandergeschalteten Elementen mit einzelnen Empfängern von je 3×1,5 mm Fläche. Die Empfindlichkeitsversuche wurden an 4, 6, 8, 10 und 18 Lötstellen ausgeführt, und durch Korrektion wurde berücksichtigt, daß ihr Widerstand nicht gleich dem des Galvanometers ist.

Der Verlust an Empfindlichkeit in einem großen Thermosäulenempfänger ist so groß, daß es bei manchen Arbeiten vorteilhafter sein kann, einen kleinen Empfänger zu benutzen und die Strahlung durch eine Zylinderlinse oder durch einen Spiegel auf ihn zu konzentrieren. Beispielsweise ist die Empfindlichkeit eines Thermosäulenempfängers, den man benutzt, um die Intensität einer 1 mm breiten und 16 mm langen Spektrallinie zu messen, nur viermal so groß wie jene eines 1 mm langen Empfängers. Wenn man hinter den 1 mm langen Empfänger einen Hohlspiegel stellt und somit die vom Empfänger nicht aufgefangene Energie auf ihn konzentriert, kann man die Gesamtwirkung von praktisch 16 Empfängern erhalten, und der Galvanometerausschlag wird dann ungefähr viermal so groß sein wie der mit dem 16 mm langen Empfänger beobachtete.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 30. März 1914.)

## Die ponderomotorische Wirkung des zirkularpolarisierten Strahles.

Von K. Schaposchnikow.

J. H. Poynting[1] hat die Vermutung ausgesprochen, daß ein Drehmoment in der zirkularpolarisierten ebenen Welle ausgestrahlt werden muß, dessen Größe pro Flächeneinheit gerechnet, lautet:

$$M = \frac{u_0 \lambda_0}{2\pi}. \qquad (1)$$

Dabei bedeutet $u_0$ die mittlere Energiedichte pro Periode im Vakuum und $\lambda_0$ die Wellenlänge des betrachteten Strahls. Wenn die zirkularpolarisierte Welle senkrecht auf die schwarze Fläche fällt, muß nach J. H. Poynting das ponderomotorische Drehmoment von der Größe (1) entstehen, das sich den Körper der Drehung der elektromagnetischen Vektoren nach zu drehen bestrebt. Wie schon erwähnt, liegt der Grundgedanke von J. H. Poynting in der hypothetischen Annahme, daß sich in den zirkularpolarisierten Strahlen ein Drehmoment verbreitet. Falls aber lediglich die Größe des Drehmoments im absorbierenden Körper gesucht wird, kann man von dem wesentlich anderen Standpunkt ausgehen, und zwar auf folgendem Wege die gewünschte Größe auffinden:

Unter dem Einfluß der elektrischen Kraft der zirkularpolarisierten Welle beschreiben die Elektronen des Körpers Kreisbahnen mit der Winkelgeschwindigkeit $\frac{2\pi}{T}$, wobei $T$ die Periode der Lichtwelle ist. Weil nach der Theorie von P. Drude stets eine Reibungskraft entsteht, die der Geschwindigkeit des Elektrons proportional und entgegengesetzt gerichtet ist, muß jedesmal eine aktive Kraft vorhanden sein, die der Reibungskraft entgegen wirkt und einen gewissen Druck auf den Körper in tangentieller Richtung zur Kreisbahn des Elektrons ausübt. Diese Wirkung jedes einzelnen Elektrons auf den Körper kann als ein elementares ponderomotorisches Drehmoment aufgefaßt werden. Daraus ist ersichtlich, daß bei der Verbreitung des zirkularpolarisierten Strahls im absorbierenden Körper stets das ponderomotorische Drehmoment entsteht, das sich den Körper im Sinne der elektromagnetischen Vektoren zu drehen bestrebt und das die resultierende Wirkung aller elementaren Drehmomente darstellt.

Andererseits bedingt die Arbeit der elementaren Drehmomente die Lichtabsorption; die Größe dieser Arbeit muß gleich $M \cdot \frac{2\pi}{T}$ sein,

1) J. H. Poynting, Proc. Roy. Soc. (A) **82**, 565, 1909.

worin $M$ das resultierende Drehmoment und $\frac{2\pi}{T}$ die Winkelgeschwindigkeit jedes Elektrons ist. Bezeichnet man also die elektromagnetische Energiedichte im Körper an der Grenze mit dem Vakuum durch $u$, die Lichtgeschwindigkeit im Körper durch $V$, so gilt die Gleichung:

$$uV = M \cdot \frac{2\pi}{T},$$

weil die ganze in den Körper pro Zeit und Flächeneinheit eindringende elektromagnetische Energie $uV$ gleich der an den Elektronen geleisteten mechanischen Arbeit $M \cdot \frac{2\pi}{T}$ sein muß. Hieraus folgt für die Größe des pro Flächeneinheit berechneten Drehmoments:

$$M = \frac{uTV}{2\pi}.$$

Am Ende dieser kleinen Mitteilung möchte ich den besten Dank Herrn Dr. H. Busch aussprechen, der mich meine Gedanken in viel einfacherer Form darzustellen veranlaßte.

Moskau, März 1914.

(Eingegangen 30. März 1914.)

## Ein allgemeiner Satz über die ponderomotorische Wirkung des Drehfeldes, insbesondere der zirkularpolarisierten Welle.

Von Hans Busch.

Die elegante Ableitung, welche Herr Schaposchnikow in der vorstehenden Mitteilung für die Größe des von einer zirkularpolarisierten Welle auf einen absorbierenden Körper ausgeübten Drehmomentes gegeben hat, hat mich veranlaßt, zu überlegen, ob sich eine solche Ableitung nicht auch ohne jede Annahme über die Konstitution des absorbierenden Körpers, insbesondere ohne Benutzung der Elektronentheorie durchführen läßt. Das ist nun in der Tat in sehr einfacher Weise möglich, wie im folgenden gezeigt werden soll.

1. Ein Körper drehe sich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit $\omega$ in einem konstanten ruhenden Felde irgendwelcher Art, welches nur die Bedingung erfüllen soll, daß zu seiner Aufrechterhaltung keine Energiezufuhr erforderlich sei (Magnetfeld, elektrisches Feld, Gravitationsfeld). Infolge der Drehung werde durch die Einwirkung des Feldes der Energieinhalt des Körpers in der Zeiteinheit um den Betrag $U$ vergrößert (im Falle des Magnetfeldes z. B. durch Entwicklung von Joulewärme im Betrage $U$ pro sec. infolge der Induktionsströme). Da alle andere Energiezufuhr ausgeschlossen sein soll, muß diese Energiemenge $U$ ihr Äquivalent darin finden, daß zur Aufrechterhaltung der Rotation dem Körper eine gleich große mechanische Arbeit zugeführt werden muß; d. h. es muß an ihm ein Drehmoment $M$ angreifen, dessen Größe bestimmt ist durch

$$M \cdot \omega = U. \tag{1}$$

2. An diesen Beziehungen ändert sich nichts, wenn das ganze System Feld + Körper mit der Winkelgeschwindigkeit $-\omega$ gedreht wird, d. h. wenn der Körper still steht und das Feld rotiert; wir erhalten so den Satz:

*Das Drehmoment, das von einem reinen Drehfelde (d. i. einem zirkularen, nicht elliptischen Felde) auf einen materiellen Körper ausgeübt wird, ist gleich der von diesem Körper aufgenommenen Energie, dividiert durch die Winkelgeschwindigkeit des Feldes.*

3. Anwendungen. a) Drehstrommotor: Die auf den Rotor übertragene Energie $U$ setzt sich zusammen aus der mechanischen Leistung $M\omega'$ und der Joulewärme $I^2R$ ($\omega'$ = Winkelgeschwindigkeit des Rotors, $I$ = Rotorstrom, $R$ = Rotorwiderstand); also

$$M\omega = U = M\omega' + I^2R.$$

Es ist das die bekannte Formel, aus welcher folgt, daß die Verluste durch Joulewärme $I^2R$ proportional der Schlüpfung $\frac{1}{2\pi}(\omega - \omega')$ sind und daß der Wirkungsgrad des Rotors gleich $\frac{\omega'}{\omega}$ ist. Für den Drehstrommotor ist übrigens der oben entwickelte Gedankengang allgemein bekannt.

b) Ebbe und Flut: Der Anteil des Gravitationsfeldes der Erde, welcher von Sonne und Mond herrührt, ist, von der Erde aus gesehen, ein Drehfeld. Gl. (1) gibt also das von den Gezeiten auf die Erde ausgeübte Bremsmoment, wenn $U$ die von ihnen infolge der Reibung erzeugte Wärme ist. Das Resultat ist trivial, weil hier in Wirklichkeit der Fall des § 1 vorliegt.

c) Ponderomotorische Wirkung einer zirkularpolarisierten elektromagnetischen Welle: da das Feld einer solchen Welle ein reines Drehfeld ist, gilt hier ebenfalls Formel (1), also:

*Eine zirkularpolarisierte elektromagnetische Welle oder Lichtwelle übt auf einen absorbierenden Körper ein Drehmoment aus, welches gleich ist der gesamten von dem Körper absorbierten Energie, dividiert durch die Kreisfrequenz der Welle.*

Oder, nach Einführung der Wellenlänge $\lambda$:

$$M = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{U}{c}. \tag{2}$$

Nehmen wir an, der Körper absorbiere die ganze auffallende Energie, so läßt sich die Formel (2) folgendermaßen ausdrücken: Das von einer ebenen elektromagnetischen Welle auf die Querschnittseinheit eines vollkommen absorbierenden Körpers ausgeübte Drehmoment ist gleich dem $2\pi$ten Teil der Wellenlänge, multipliziert mit der Energiedichte (im Vakuum gemessen) des auftreffenden Strahles.

4. Aus der Ableitung folgt, daß es für die Gültigkeit der gefundenen Sätze nicht erforderlich ist, daß die Energie in Wärme umgesetzt wird; sie kann auch in irgendeiner anderen Form aufgespeichert werden, kann auch direkt von dem Körper wieder abgegeben werden, sofern nur diese Abgabe kein neues Drehmoment verursacht. In dem Spezialfall der zirkularpolarisierten Welle folgt daraus, daß das durch Formel (2) bestimmte Drehmoment in gleicher Stärke auftreten muß, wenn die auffallende Welle nicht absorbiert, sondern ihre Energie in die eines linearpolarisierten Strahles umgewandelt wird, mit dessen Aussendung aus Symmetriegründen ja kein Drehmoment verbunden sein kann ($\lambda/4$-Platte).

5. Der Gedankengang des § 1 und 2 bleibt auch dann noch richtig, wenn das Vorzeichen der Energieabsorption umgekehrt wird; er lautet dann etwa folgendermaßen:

a) Wenn ein Körper dadurch, daß er in einem konstanten Felde rotiert, in der Zeiteinheit die Energie $U$ verliert, so kann er diese Energie nur auf mechanischem Wege abgeben, also muß an ihm ein Drehmoment angreifen von gleicher Größe, wie das durch Formel (1) bestimmte, nur mit umgekehrtem Vorzeichen.

b) Also gilt auch umgekehrt:

Wenn ein ruhender Körper unter dem Einflusse eines reinen Drehfeldes Energie verliert, so wird auf ihn ein Drehmoment von gleicher Größe, aber entgegengesetztem Vorzeichen ausgeübt, wie wenn er pro Zeiteinheit die gleiche Energie aus dem Drehfelde aufgenommen hätte.

Wenden wir das auf den in § 3c behandelten Fall an, so folgt:

Ein Körper, welcher eine zirkularpolarisierte Welle emittiert, oder natürliches oder linearpolarisiertes Licht in zirkularpolarisiertes verwandelt, erfährt ein Drehmoment, welches ebenso groß, aber entgegengesetzt gerichtet ist, wie das bei Absorption einer gleich intensiven Welle von relativ zum Körper gleicher Drehrichtung auftretende.

Mit Hilfe des letzten Satzes können wir den (bei senkrechter Inzidenz) reflektierenden Körper behandeln, indem wir uns die einfallende Welle vollkommen absorbiert und die reflektierte Welle neu emittiert denken. Da der Drehsinn der reflektierten zirkularpolarisierten Welle relativ zum Körper der gleiche[1]) ist, wie der der einfallenden, so folgt, daß die reflektierte Welle auf den Körper das entgegengesetzte Drehmoment ausübt wie die einfallende. Bei vollkommener Spiegelung ist also das ausgeübte Drehmoment null; bei teilweiser Reflexion kommt für das Drehmoment nur die wirklich absorbierte Energie in Frage, der reflektierte Bruchteil ist einflußlos.

In ähnlicher Weise läßt sich der Fall behandeln, daß der Körper den Drehsinn der einfallenden zirkularen Welle umkehrt ($\lambda/2$-Platte): Wir ersetzen den Körper durch einen solchen, der die einfallende Welle absorbiert und eine Welle von entgegengesetztem Drehsinn emittiert; einfallende und austretende Welle üben dann ein gleiches, gleichgerichtetes Drehmoment auf den Körper aus, das gesamte Moment wird also doppelt so groß als das durch Formel (2) gegebene:

$$M = 2u\frac{\lambda}{2\pi} \tag{3}$$

($u$ ist die im Vakuum gemessene Energiedichte der auftreffenden Welle).

7. Die hier benutzte Betrachtungsweise gestattet also, die von der zirkularpolarisierten Welle auf absorbierende Körper und Kristallplatten ausgeübten Drehmomente in einfachster Weise zu berechnen; die erhaltenen Werte sind identisch mit den von Poynting[2]) auf Grund seines mechanischen Modells vermuteten, von Sadowsky[3]) und Pokrowsky[4]) durch direkte Ausrechnung gewonnenen Größen. Unsere Ableitung geht von so sicheren Voraussetzungen aus, daß damit die Existenz dieser Drehmomente als sichergestellt angesehen werden muß; die Drehmomente experimentell nachzuweisen, dürfte wegen ihrer Kleinheit ausgeschlossen sein, wie aus einer von Poynting a. a. O. gegebenen Abschätzung hervorgeht.

Besonders deutlich wird bei der hier gegebenen Ableitung, daß das Drehmoment bei Emission das entgegengesetzte Vorzeichen hat wie bei Absorption; man wird so von selbst auf die schon von Poynting ausgesprochene Vorstellung geführt, daß diese Drehmomente hervorgebracht werden durch einen Drehimpuls (Moment der Bewegungsgröße), der in einer zirkularpolari-

1) Man sieht das sofort an dem Spezialfall des vollkommen reflektierenden Körpers: die Grenzbedingung, daß an der Grenze die Felder verschwinden sollen, läßt sich nur dadurch erfüllen, daß die reflektierte Welle sich relativ zum Körper im gleichen Sinne, mit 180° Phasenverschiebung an der Grenze, dreht.

2) J. H. Poynting, Proc. Roy. Soc. (A) **82**, 565, 1909.

3) A. J. Sadowsky, Ponderomotorische Wirkungen der elektromagnetischen Welle und der Lichtwelle. Dorpat 1898.

4) S. Pokrowsky, diese Zeitschr. **12**, 1118, 1911.

sierten Welle übertragen wird; in der Tat lassen sich alle oben angegebenen Drehmomente aus dem Flächensatz der Mechanik richtig berechnen, wenn man für den pro sec. und qcm übertragenen Drehimpuls den Betrag

$$D = u \frac{\lambda}{2\pi}$$

annimmt.

Göttingen, April 1914.

(Eingegangen 3. April 1914.)

## Über die von der zirkularpolarisierten Welle ausgeübten Drehmomente und die Emissionstheorie des Lichtes.

Von Hans Busch.

Die von der zirkularpolarisierten Welle ausgeübten Drehmomente, deren Existenz jetzt wohl als sichergestellt angesehen werden muß[1]), lassen sich nach Poynting so auffassen, als ob sie von einem Drehimpuls herrührten, der von der Welle übertragen wird, und dessen Betrag pro sec und qcm gleich ist

$$D = u \frac{\lambda}{2\pi}, \tag{1}$$

wenn $u$ die Energiedichte und $\lambda$ die Wellenlänge ist. Denkt man sich diesen Drehimpuls mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegt, so ergibt sich innerhalb der Welle eine Dichte des Drehimpulses von der Größe

$$\mathfrak{D} = u \frac{\lambda}{2\pi c} = \frac{u}{\omega}. \tag{2}$$

($\omega$ ist die Kreisfrequenz des Lichtstrahles.)

Es liegt nun sehr nahe, sich diese Verhältnisse in der Weise zu veranschaulichen, daß man sich vorstellt, ein zirkularpolarisierter Lichtstrahl bestehe aus kleinen, mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegten materiellen Teilchen von einem gewissen Trägheitsmoment, welche die Drehung der Feldvektoren mitmachen, sich also mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega$, um die Fortpflanzungsrichtung als Achse drehen[2]).

Es soll hier nicht die sehr zweifelhafte Möglichkeit der Durchführung einer allgemeinen Lichttheorie[3]) auf Grund dieser Vorstellung erörtert werden, sondern nur auf einen Punkt hingewiesen werden, in dem ein solches Modell der Newtonschen Emissionstheorie überlegen ist.

Wir wollen nach den Gesetzen der Mechanik die kinetische Energie der rotierenden Lichtteilchen berechnen. Ist $c$ die Lichtgeschwindigkeit und $\mathfrak{G} = \frac{u}{c}$ die Dichte der elektromagnetischen Bewegungsgröße, so erhalten wir pro Volumeinheit des Strahles
für die translatorische Energie:

$$u_t = \frac{1}{2} \mathfrak{G} c = \frac{u}{2}, \tag{3a}$$

für die rotatorische Energie:

$$u_r = \frac{1}{2} \mathfrak{D} \omega = \frac{u}{2}. \tag{3b}$$

Translatorische und rotatorische Energie der Lichtteilchen sind also gleich; ihre Summe, die gesamte kinetische Energie, ergibt den richtigen, der elektromagnetischen Theorie entsprechenden Wert der Energiedichte, wie es bei einer Emissionstheorie sein muß.

Damit verschwindet ganz von selbst eine Schwierigkeit, die sonst der Emissionstheorie anhaftete: die Newtonsche Theorie, welche den Lichtteilchen nur translatorische Energie zuschrieb, ergab, entsprechend der Formel (3a), bei gleicher elektromagnetischer Bewegungsgröße, also gleichem Strahlungsdruck, die halbe Energiedichte, bzw. bei gleicher Energiedichte den doppelten Strahlungsdruck wie die elektromagnetische Theorie[1]), und stand damit im Widerspruch mit der Erfahrung.

Wir können also sagen: Wenn man die Newtonsche Emissionstheorie durch Annahme einer Rotation der Lichtteilchen in der Weise modifiziert, daß sie die aus der elektromagnetischen Theorie folgenden Drehmomente richtig liefert, so wird dadurch von selbst bewirkt, daß die Theorie auch den Wert des Strahlungsdruckes richtig ergibt.

Nebenbei sei noch auf eine anschauliche Interpretation hingewiesen, welche eine Emissionstheorie für die von einigen neueren Relativtheorien geforderte Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Gravitationspotential gibt: schreibt man den Lichtteilchen auch gravitierende Masse von gleichem Betrage wie ihre

1) Vgl. die vorstehende Mitteilung.

2) Stellt man sich die Lichtteilchen als homogene Körper von beispielsweise zylindrischer Gestalt vor, so gestattet Gl. (2) mittels einer elementaren Rechnung die Größe der Teilchen zu bestimmen; man erhält für den Zylinderradius $r = \frac{\lambda}{\pi\sqrt{2}}$.

3) Eine solche Theorie würde sich vielleicht in der Weise bis zu einem gewissen Grade durchführen lassen, daß man den Lichtteilchen eine gewisse polare Struktur mit einer zur Drehungsachse senkrechten Achse zuschreibt, sie sich z. B. als magnetische Dipole vorstellt. Im linearpolarisierten und natürlichen Lichte müßte man dann gleich viel rechts- und linksrotierende Teilchen annehmen.

1) M. Planck, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung, Leipzig 1906, S. 56—58.

träge Masse zu, und wendet wieder die Gesetze der gewöhnlichen Mechanik an, so gibt das Prinzip der lebendigen Kraft für ein im Gravitationsfeld bewegtes Lichtteilchen:

$$\frac{1}{2} m c^2 - \frac{1}{2} m c_0^2 = m(\Phi - \Phi_0),$$

$$\frac{c^2}{2} - \frac{c_0^2}{2} = \Phi - \Phi_0.$$

Es ergibt sich so für die Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Gravitationspotential $\Phi$ die Abrahamsche Formel[1]), welche nach Abraham in erster Annäherung mit derjenigen von Einstein identisch ist.

1) M. Abraham, diese Zeitschr. 13, 1, 1912.

(Eingegangen 8. April 1914.)

## Über eine neue Vektoroperation.

Von Walter Berger.

Bei Ableitung der Eigenschaften anisotroper Körper aus den für sie geltenden Vektorgleichungen scheint es oft geboten, die vektoranalytische Behandlung des Problems weit vor den Endformeln zu verlassen und zur Darstellung in den Komponenten überzugehen. So zwingt beispielsweise die bekannte Verknüpfung der dielektrischen Verschiebung mit der elektrischen Feldstärke, wenn man etwas über das elektromagnetische Feld im Innern eines Kristalls zu erfahren wünscht, bereits bei den Hauptgleichungen der Maxwellschen elektromagnetischen Theorie zur Auflösung der Vektorgleichungen in die der Komponenten.

Es läßt sich nun zeigen, daß dieser Übergang durch Einführung einer neuen Vektoroperation hinausgeschoben oder ganz vermieden werden kann. Wenngleich sie — dies sei vorausgeschickt — eine weitergehende Bedeutung insofern nicht besitzt, als der durch sie definierte Vektor von der Wahl des Koordinatensystems abhängig ist und sich mit diesem ändert, so wird doch die unten folgende, mit ihrer Hilfe gewonnene Behandlung des erwähnten Beispiels einen gewissen Vorzug vor der üblichen Darstellung erkennen lassen.

Bei Durchsicht der einschlägigen Literatur fand ich, daß die erwähnte Schwierigkeit, die die Anwendung der Vektoranalysis verhindert, durch Einführung linearer Vektorfunktionen in der von Gibbs[1]) ausgearbeiteten Dyadenrechnung, wiedergegeben auch in v. Ignatowsky Vektoranalysis[1]), sowie durch W. Voigts „Tensortripel"[2]) beseitigt worden ist. Wenn ich doch über den von mir — anläßlich einer Arbeit bei Herrn Prof. Wiener, Leipzig — gefundenen Weg berichte, so geschieht das aus dem Grunde, weil er mir dann etwas einfacher erscheint, wenn es sich darum handelt, physikalische Probleme der genannten Art ohne großen Aufwand an Theorie vektoranalytisch zu behandeln.

Man gewinnt die Möglichkeit dazu, wenn man eine Operation einführt, die gestattet, aus zwei Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ einen Vektor zu bilden, dessen Komponenten die Produkte der Komponenten der Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ sind. Möge etwa das Symbol $\widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}$ diese Operation bezeichnen: $\mathfrak{C} = \widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}$ hat also die Komponenten:

$$\mathfrak{C}_x = \mathfrak{A}_x \mathfrak{B}_x, \quad \mathfrak{C}_y = \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_y, \quad \mathfrak{C}_z = \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_z.$$

Herr Prof. Des Coudres schlägt vor, ein solches Produkt zweier Vektoren „Koordinatenprodukt" zu nennen.

Nach der gegebenen Definition ist der Vektor $\mathfrak{C}$ unabhängig von der Reihenfolge, in welcher die Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ unter dem Symbol aufeinanderfolgen:

$$\widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} = \widehat{\mathfrak{B}\mathfrak{A}}.$$

Damit folgt zugleich, daß bei Mehrfachanwendung des Symbols, wie etwa bei $\widehat{\mathfrak{A}, \widehat{\mathfrak{B}\mathfrak{C}}}$, sämtliche Vertauschungen der Einzelvektoren gestattet sind. Beliebige Vertauschbarkeit zeichnet des weiteren das innere Produkt eines Vektors $\mathfrak{C}$ mit dem Vektor $\widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}$ aus:

$$\mathfrak{C} \cdot \widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} = \mathfrak{A} \cdot \widehat{\mathfrak{C}\mathfrak{B}} = \mathfrak{B} \cdot \widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{C}}.$$

Das zeigt, daß sich die Divergenz von $\widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}}$ schreiben läßt:

$$\operatorname{div} \widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} = \nabla, \widehat{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} = \mathfrak{A}, \widehat{\nabla\mathfrak{B}} + \mathfrak{B}, \widehat{\nabla\mathfrak{A}},$$

falls man, wie dies üblich, unter dem Zeichen $\nabla$ symbolisch einen Vektor mit den Komponenten $\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}$ versteht. Der Vektor $\widehat{\nabla\mathfrak{A}}$ hat dann die Komponenten $\frac{\partial \mathfrak{A}_x}{\partial x}, \frac{\partial \mathfrak{A}_y}{\partial y}, \frac{\partial \mathfrak{A}_z}{\partial z}$. Von weiteren Formen, die sich durch Verwendung des Vektorsymbols $\widehat{\nabla}$ ergeben, werde abgesehen und nur erwähnt die leicht zu verifizierende Rechnungsregel:

$$\widehat{\nabla, \varphi\mathfrak{A}} = \widehat{\mathfrak{A}, \nabla\varphi} + \varphi\widehat{\nabla, \mathfrak{A}}.$$

Die Anwendungsfähigkeit der genannten Vektoroperation zu zeigen, möge etwa das

1) W. Gibbs, Vector Analysis, New Haven, Yale University Press 1913.

1) W. v. Ignatowsky, Die Vektoranalysis, Leipzig, B. G. Tenbner. 1909.

2) W. Voigt, Gött. Nachr. 1900.

Fresnelsche Gesetz der Lichtausbreitung in nichtabsorbierenden, inaktiven Kristallen aus den Hauptgleichungen der Maxwellschen elektromagnetischen Theorie abgeleitet werden. Bezeichnen die Vektoren $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{H}$ die dielektrische Verschiebung — mitunter auch Polarisation genannt — bzw. die elektrische und magnetische Feldstärke, und bedeutet $C$ die Geschwindigkeit des Lichtes im Äther, so lauten für das Innere des Kristalls diese Gleichungen:

$$\frac{1}{C}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} = \operatorname{curl} \mathfrak{H}$$

$$\frac{1}{C}\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = -\operatorname{curl} \mathfrak{E},$$

wenn, wie dies bei optischen Vorgängen immer erlaubt ist, die magnetische Permeabilität der Einheit gleich gesetzt wird. Seien ferner $\mathfrak{n}_1, \mathfrak{n}_2, \mathfrak{n}_3$ die Hauptbrechungsindizes des Kristalls für Licht von der Frequenz $\nu$. Dann geben die Gleichungen, falls die Komponenten nach den optischen Hauptsymmetrieachsen genommen werden,

$$\mathfrak{D}_x = \mathfrak{n}_1^2 \mathfrak{E}_x$$
$$\mathfrak{D}_y = \mathfrak{n}_2^2 \mathfrak{E}_y$$
$$\mathfrak{D}_z = \mathfrak{n}_3^2 \mathfrak{E}_z$$

die Beziehung, welche die elektrische Feldstärke mit der dielektrischen Verschiebung verknüpft. Versteht man jetzt unter $\mathfrak{e}$ denjenigen Vektor, der als Komponenten nach den Hauptsymmetrieachsen die Quadrate der Hauptlichtgeschwindigkeiten:

$$a^2 = \frac{C^2}{\mathfrak{n}_1^2}, \quad b^2 = \frac{C^2}{\mathfrak{n}_2^2}, \quad c^2 = \frac{C^2}{\mathfrak{n}_3^2}$$

hat, so schreibt sich diese Relation in der Form

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{C^2}\widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}},$$

und damit die Maxwellschen Gleichungen:

$$\frac{1}{C}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} = \operatorname{curl} \mathfrak{H}$$

$$\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = -\frac{1}{C}\operatorname{curl} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}}.$$

Sie ergeben in bekannter Weise durch Differentiation der ersten Gleichung nach der Zeit, Anwendung der Operation curl auf die zweite und Addition der so entstehenden Relationen die Differentialgleichung für den Vektor der dielektrischen Verschiebung $\mathfrak{D}$:

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{D}}{\partial t^2} = -\operatorname{curl}\operatorname{curl} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}},$$

oder auch

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{D}}{\partial t^2} = \triangle \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} - \nabla \operatorname{div} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}}.$$

Um die Differentialgleichung für $\mathfrak{H}$ zu erhalten, hat man nur nötig, die erste Hauptgleichung mit dem Vektor $\mathfrak{e}$ nach dem Symbol $\frown$ zu multiplizieren und darauf auf die Gleichungen die Operationen des curl und der Differentiation nach $t$ auszuüben. Die Addition der erhaltenen Relationen ergibt:

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{H}}{\partial t^2} = -\operatorname{curl} \widehat{\mathfrak{e}, \operatorname{curl} \mathfrak{H}}.$$

Endlich sei der Vollständigkeit wegen noch erwähnt, daß durch Multiplikation der Differentialgleichung in $\mathfrak{D}$ mit $\mathfrak{e}$ nach $\frown$ die Gleichung für $\mathfrak{E}$ hervorgeht:

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{E}}{\partial t^2} = -\widehat{\mathfrak{e}, \operatorname{curl}\operatorname{curl} \mathfrak{E}} = \widehat{\mathfrak{e}, (\triangle \mathfrak{E} - \nabla \operatorname{div} \mathfrak{E})}.$$

Sei nun durch

$$\mathfrak{D} = \overline{\mathfrak{D}}\,\varphi(u),$$

wo die Einheit $\overline{\mathfrak{D}}$ des Vektors $\mathfrak{D}$ nach Ort und Zeit konstant und $\varphi$ irgendeine Funktion, etwa die Funktion $\sin u$, des Arguments

$$u = \nu\left(t - \frac{(\mathfrak{n}\mathfrak{r})}{v}\right)$$

ist, homogen polarisiertes Licht der Frequenz $\nu$ gegeben, und $v$ so gewählt gedacht, daß $\mathfrak{D} = \overline{\mathfrak{D}}\varphi(u)$ der Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{D}}{\partial t^2} = \triangle \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} - \nabla \operatorname{div} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}}$$

genügt. Dabei bedeute $\mathfrak{n}$ den Einheitsvektor der Wellennormalen, $\mathfrak{r}$ den vom Koordinatenanfang nach dem Aufpunkt gezogenen Vektor und $v$ die Normalengeschwindigkeit des Lichtes in der Richtung $\mathfrak{n}$.

Nun ist

$$\frac{\partial^2 \mathfrak{D}}{\partial t^2} = \nu^2 \varphi'' \overline{\mathfrak{D}},$$

und $\triangle \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}}$ läßt sich schreiben

$$\triangle \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} = \widehat{\mathfrak{e}, \triangle \mathfrak{D}},$$

welcher Ausdruck wegen

$$\triangle \mathfrak{D} = \triangle \overline{\mathfrak{D}} \cdot \varphi(u) = \overline{\mathfrak{D}} \triangle \varphi$$

und

$$\triangle \varphi = \operatorname{div} \nabla \varphi = -\frac{\nu}{v} \operatorname{div} \mathfrak{n}\varphi' = \frac{\nu^2}{v^2}\varphi''$$

übergeht in

$$\triangle \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} = \frac{\nu^2}{v^2}\varphi'' \widehat{\mathfrak{e}\overline{\mathfrak{D}}}.$$

Für das letzte Glied endlich

$$\nabla \operatorname{div} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} = \nabla (\mathfrak{e}, \widehat{\nabla \mathfrak{D}})$$

erhält man bei Anwendung der erwähnten Rechenregel auf $(\mathfrak{e}, \widehat{\nabla \mathfrak{D}})$

$$\mathfrak{e}\widehat{\nabla \mathfrak{D}} = \mathfrak{e}\nabla \overline{\mathfrak{D}}\varphi = \widehat{\mathfrak{e}\overline{\mathfrak{D}}, \nabla \varphi} = -\frac{\nu}{v}\varphi'(\mathfrak{e}\overline{\mathfrak{D}}\mathfrak{n})$$

die Formen:

$$\nabla(\mathfrak{e}\nabla\widehat{\mathfrak{D}}) = -\frac{\nu}{v}(\widehat{\mathfrak{D}\mathfrak{e}\mathfrak{n}})\nabla\varphi' = \frac{\nu^2}{v^2}\varphi''\,\mathfrak{n}(\widehat{\mathfrak{D}\mathfrak{e}\mathfrak{n}})$$

oder endlich

$$\nabla \operatorname{div} \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} = \frac{\nu^2}{v^2}\varphi''\,\mathfrak{n}(\widehat{\mathfrak{D}\mathfrak{e}\mathfrak{n}}).$$

Mit diesen Werten geht die Differentialgleichung der dielektrischen Verschiebung in die Gleichung

$$v^2\overline{\mathfrak{D}} - \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}} = -\mathfrak{n}(\widehat{\mathfrak{D}\mathfrak{e}\mathfrak{n}})$$

über, die geeignet ist, die Eigenschaften der Fresnelschen Schwingungsrichtung $\overline{\mathfrak{D}}$ zu geben. Um zu zeigen, daß die Schwingungen transversal erfolgen, hat man sie mit dem Vektor $\mathfrak{n}$ skalar zu multiplizieren; man erhält:

$$(\mathfrak{n}\overline{\mathfrak{D}}) = 0.$$

Dieselbe Operation statt mit dem Vektor $\mathfrak{n}$ mit dem Vektor $\overline{\mathfrak{D}}$ ausgeführt ergibt die Relation

$$v^2 = \overline{\mathfrak{D}}, \widehat{\mathfrak{e}\mathfrak{D}},$$

welche die bekannte Eigenschaft darstellt, daß die Normalengeschwindigkeit des Lichtes im Kristall eine eindeutige Funktion der Fresnelschen Schwingungsrichtung ist.

Da ferner das Produkt $(\widehat{\mathfrak{D}\mathfrak{e}\mathfrak{n}})$ gegen jede Vertauschung der Koordinatenachsen invariant ist, so zeigt die Gleichung, daß sich die Richtungskosinus des Vektors $\overline{\mathfrak{D}}$ wie:

$$\overline{\mathfrak{D}}_x : \overline{\mathfrak{D}}_y : \overline{\mathfrak{D}}_z = \frac{\mathfrak{m}}{v^2 - a^2} : \frac{\mathfrak{n}}{v^2 - b^2} : \frac{p}{v^2 - c^2}$$

verhalten, falls $\mathfrak{m}$, $\mathfrak{n}$, $p$ die Komponenten von $\mathfrak{n}$, d. i. die Richtungskosinus der Wellennormalen, bedeuten. Endlich ergibt die Transversalitätsbeziehung $(\mathfrak{n}\overline{\mathfrak{D}}) = 0$ mit diesen Werten die Fresnelsche Gleichung:

$$\frac{\mathfrak{m}^2}{v^2 - a^2} + \frac{\mathfrak{n}^2}{v^2 - b^2} + \frac{p^2}{v^2 - c^2} = 0.$$

(Eingegangen 2. April 1914.)

## Ein Beispiel der Anwendung der Kirchhoffschen Stabgleichungen.

Von Max Karl Grober.

In dieser kurzen Mitteilung denke ich eine Anwendung der Kirchhoffschen Gleichungen auf das Problem des Auskippens zu geben. Während das zuerst mit Hilfe der Kirchhoffschen Gleichungen behandelte Problem, das Auskippen des Balkens, als Stabilitätsgleichung eine transzendente Gleichung liefert[1]), gelangt man bei dieser Aufgabe zu einer sehr einfachen Bedingungsgleichung. Es handelt sich um eine Schiene, die beiderseits von im Raume festliegenden Kräftepaaren angegriffen wird. Gefragt wird: Wann kippt diese Schiene aus ihrer Ebene, in der auch das Kräftepaar als wirkend angenommen wird?

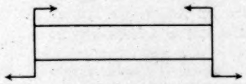


Fig. 1.

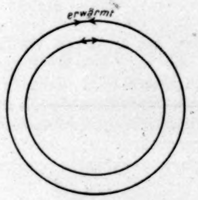



Fig. 2.

Auf den ersten Blick bietet die Realisierbarkeit dieses Falles einige Schwierigkeit. Während ich zunächst die Schiene an einem Ende fest einspannen wollte, so daß sie senkrecht stand und dann das Kräftepaar durch Gewichte über Rollen erzeugen wollte, ergab sich aus Besprechungen mit Herrn Professor Reißner, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke, daß es möglich ist, die experimentelle Bestätigung zu erbringen an einer zu einem Kreis gebogenen Schiene, die am äußeren Rand erwärmt wird. Diese Anordnung will ich demnächst im Laboratorium durcharbeiten.

Unter den bekannten Bezeichnungen (vgl. die zitierte Arbeit von Reißner) lauten nun die Kirchhoffschen Stabgleichungen[1]):

$$\frac{\partial N_1}{\partial s} - N_2\tau + T\lambda = 0,$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial s} - T\varkappa + N_1\tau = 0,$$

$$\frac{\partial T}{\partial s} - N_1\lambda + N_2\varkappa = 0,$$

$$A\frac{\partial \varkappa}{\partial s} - (B - C)\lambda\tau = N_2,$$

$$B\frac{\partial \lambda}{\partial s} - (C - A)\tau\varkappa = -N_1,$$

$$C\frac{\partial \tau}{\partial s} - (A - B)\varkappa\lambda = 0.$$

Da bei der gestellten Aufgabe nur Kräftepaare

1) Reißner, Sitz.-Ber. d. Berl. Math. Ges. 3, 53—56, 1904. Diese Aufgabe ist durch geometrische Überlegungen von Prandtl und Michell behandelt.

und keine Einzelkräfte auftreten, so gelten nur die zweiten drei Gleichungen. Wir wollen nun wissen, wann fängt die Schiene an, aus ihrer Ebene herauszutreten, d. h., wann fangen die Größen $\lambda$ und $\tau$ an, Werte zu erhalten, die von Null verschieden sind? Da diese Größen erst bei einer bestimmten Größe der Werte $\varkappa$ anfangen, von Null verschieden zu sein, sind sicherlich die Produkte $\lambda \cdot \tau$ so klein, daß sie gegen die übrigen Größen vernachlässigt werden können.

Wir erhalten somit

$$A \frac{d\varkappa}{ds} = 0, \tag{1}$$

$$B \frac{d\lambda}{ds} - (C - A)\varkappa\tau = 0, \tag{2}$$

$$C \frac{d\tau}{ds} - (A - B)\varkappa\lambda = 0. \tag{3}$$

Die erste Gleichung ergibt sofort

$$A\varkappa = c = M,$$

also

$$\varkappa = \frac{M}{A}$$

$$\left[\text{in der bekannten Schreibweise } \frac{1}{\varrho} = \frac{M}{I \cdot E}\right].$$

Differentiiere ich (3) und setze (2) ein, so erhalte ich nach Substitution von $\varkappa$

$$C \frac{d^2\tau}{ds^2} - (A - B) \frac{M}{A} \frac{d\lambda}{ds} = 0$$

oder

$$C \frac{d^2\tau}{ds^2} - \frac{(A - B)(C - A)M^2}{A^2 B} \tau = 0,$$

$$\frac{d^2\tau}{ds^2} - \frac{(A - B)(C - A)M^2}{A^2 BC} \tau = 0.$$

Setze

$$\frac{(A - B)(C - A)M^2}{A^2 BC} = -a^2,$$

das gibt:

$$\frac{d^2\tau}{ds^2} = -a^2\tau. \tag{4}$$

Somit ist

$$\tau = D_1 e^{ias} + D_2 e^{-ias}. \tag{5}$$

Nun soll aber das Kräftepaar an den Enden im Raum fest sein, d. h. der Verdrehungswinkel $\tau$ muß sowohl für $s = 0$ als auch für $s = l$ verschwinden. Also folgt aus (5)

$$0 = D_1 + D_2$$

oder

$$D_1 = -D_2,$$

das gibt

$$\tau = 2 D_1 \sin a s.$$

Soll nun aber auch für $s = l$ der Wert $\tau$ verschwinden, so muß $al = \pi$ oder quadriert und $a$ wieder substituiert

$$\frac{(A - B)(A - C)M^2}{A^2 BC} l^2 = \pi^2.$$

Ist die linke Seite größer, so kippt der Stab aus.

Die hier gefundene Funktion trage ich graphisch auf, indem ich setze:

$$\frac{C}{A} = x, \quad \frac{B}{A} = y;$$

ich erhalte dann, wenn ich durch $A^2$ dividiere

$$\left(1 - \frac{B}{A}\right)\left(1 - \frac{C}{A}\right)\frac{M^2 l^2}{A^2} = \pi^2 \cdot \frac{B}{A} \cdot \frac{C}{A}$$

oder

$$(1 - x)(1 - y) = p^2 x \cdot y, \tag{6}$$

wobei

$$p^2 = \frac{\pi^2 A^2}{M^2 l^2} = \left(\frac{\pi A}{M l}\right)^2$$

ist. Es ist in der Praxis $10 < p < 2000$. Die in (6) dargestellten Hyperbeln gehen alle durch die Punkte $x = 0$, $y = 1$ und $x = 1$, $y = 0$. Für $p = 10$ ist in Fig. 3 die entsprechende Hyperbel gezeichnet, für $p = 100$ ist der Schnittpunkt der Hyperbel mit der Geraden $x = y$ angegeben, wodurch ihr Verlauf genügend gekennzeichnet ist.

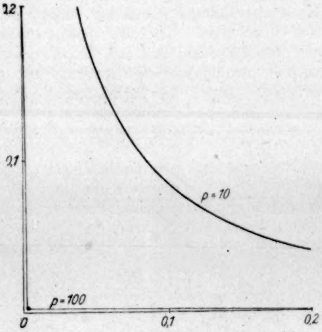



Fig. 3.

Wir sehen, daß, wenn $B$ sehr nahe an $A$ herankommt, $C$ sehr klein werden muß, mit abnehmenden $B$ aber nimmt $C$ immer mehr zu; für $C > A$ aber müßte $x$ negativ werden, oder $p$ imaginär, was beides physikalisch keinen Sinn hat.

Die Durchrechnung zweier Beispiele ergab für Schmiedeeisen: Wenn $M = 1000$ kg · cm war, für ein Rechteck mit den Seiten 1 und 2 cm eine kritische Länge der Schiene von 27 cm,

waren aber die Seiten 1 und 10 cm, so ergaben sich 210 cm unter den gleichen Umständen.

### Zusammenfassung.

Während die Kipperscheinungen, wie sie Prandtl, Michell und Reißner am Balken untersucht haben, zu einer transzendenten Gleichung als Stabilitätsbedingung führen, gelangen wir hier zu einer einfachen algebraischen Gleichung. Während außerdem Prandtl und Michell über die Verhältnisse $B:A$ und $C:A$ bestimmte Annahmen machten, gelten die hier gegebenen Ableitungen aus den Kirchhoffschen Gleichungen für alle Größenverhältnisse von $A$, $B$ und $C$.

Berlin-Charlottenburg, 23. März 1914.

(Eingegangen 24. März 1914.)

## Über die Tiefe der Lichtwirkung beim Selen.

Von W. S. Gripenberg.

Vor kurzem hat G. W. White[1]) über Versuche mit Selenblöcken berichtet; deren Ergebnisse haben mich veranlaßt, ähnliche Versuche in etwas abgeänderter Form mit dünnen Selenplatten anzustellen. Dieselbe Selenoberfläche wurde stets belichtet, und ich ließ die Linien maximaler Stromdichte die Drehung um 90° vornehmen. Gegen die Selenplatte $S$ (Fig. 1)

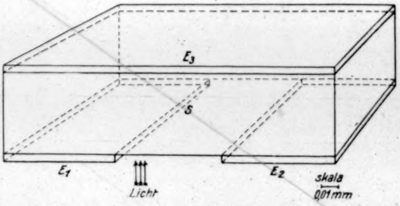



Fig. 1.

von 0,05 mm Dicke sind die Elektroden $E_1$ und $E_2$ gepreßt. Legt man an $E_1$ und $E_2$ entgegengesetzte Spannungen, so fällt das Licht auf die Stelle größter Stromdichte (Schaltung I). Preßt man eine dritte Elektrode $E_3$ an die Selenplatte und verbindet $E_1$ und $E_2$ mit gleichnamigem, $E_3$ mit dem entgegengesetzten Pole, so enthält die belichtete Oberfläche ein Minimum der Stromdichte (Schaltung II).

1) G. W. White, Phil. Mag. **27**, 370, 1914; A. M. Tyndall u. G. W. White, diese Zeitschr. **15**, 154, 1914.

Falls die Tiefe der Lichtwirkung mit der tatsächlichen Eindringungstiefe (ca. 0,0005 mm) zusammenfällt, muß die Leitfähigkeitsänderung bei Belichtung in Schaltung II nur ein geringer Bruchteil von derjenigen bei I sein.

Bei den Messungen hatten die Elektroden $E_1 E_2$ die Form eines Gitters, dessen Stäbe 0,071 mm Breite, 5 mm Länge, 0,0002 mm Dicke und Anzahl 30 war (Fig. 2). Der freie

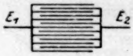



Fig. 2.

Zwischenraum war 0,071 mm. $E_3$ war eine vergoldete Glasplatte. Die Spannung betrug 2 Volt. Bei Messung in Schaltung I war $E_3$ natürlich entfernt. Belichtet wurde mit Petroleumlampe.

### Ergebnis der Widerstandsmessungen.

| Schaltung | Widerstände in Ohm | |
|---|---|---|
| | Dunkel | ca. 20000 Lux |
| I . . . . | 2500 | 980 |
| II . . . . | 960 | 490 |

Bei Schaltung II ist somit die durch Belichtung hervorgebrachte Steigerung in der Stromstärke ca. 1,5 mal größer als bei I, ein Resultat, welches für Theorie und Technik von Bedeutung ist. Daß es sich hierbei um Widerstandsänderung sehr tief liegender Schichten und nicht diejenige des Übergangswiderstandes zwischen Elektrode und Selenplatte handelt, geht daraus hervor, daß, wenn man bei Schaltung I das Selen von der Rückseite belichtet, die Lichtempfindlichkeit ebenso groß ist wie bei Belichtung von der Vorderseite (wohl zu bemerken, im vorliegenden Falle: Dicke des Selens 0,05 mm)[1]).

Die Lichtwirkung erstreckt sich somit verhältnismäßig sehr tief in das Innere des Selens. Es ist anzunehmen, daß sogar die im Schatten der Elektroden befindlichen Teile des Selens kräftig beeinflußt werden.

1) Siehe auch Br. Glatzel, Verh. d. D. phys. Ges. **14**, 616, 1912 sowie Korn-Glatzel, Handb. d. Phototel. u. Telautogr., S. 243.

Masaby (Finnland), 23. März 1914.

(Eingegangen 4. April 1914.)

## Antwort auf die Bemerkung Herrn Krutkows zu meiner Note: „Welche Strahlungsformel folgt aus der Annahme der Lichtatome?".

Von M. Wolfke.

Herr Krutkow hebt in seiner Bemerkung[1]) zu meiner Note[2]) die Tatsache hervor, daß aus den von ihm benutzten Annahmen[3]) (I) und (II) die Wiensche und nicht die Plancksche Strahlungsformel folgt.

Die Ableitung der Wienschen Strahlungsformel von Herrn Krutkow[4]) und die beiden von ihm benutzten Annahmen (I) und (II) haben jedoch mit meiner Ableitung[5]) der Planckschen Formel und meinen Grundannahmen nichts zu tun. Um dies deutlicher hervorzuheben, will ich hier die Hauptannahme, auf welche sich meine Wahrscheinlichkeitsbetrachtung stützt, explizite formulieren:

Es gibt $w_\nu$ verschiedene und gleichwahrscheinliche Möglichkeiten für ein Lichtatom, daß es in einem bestimmten Frequenzintervall $d\nu$ liegt;

in anderen Worten:

die Frequenz $\nu$ läßt sich in einem Lichtatom auf $w_\nu$ verschiedene und gleichwahrscheinliche Arten realisieren[6]).

Aus dieser Annahme folgt für die Zahl $W_\nu$ aller verschiedener und gleichwahrscheinlicher Verteilungen der $N_\nu$ Lichtatome in ein und demselben Frequenzintervall $d\nu$ die Formel[7]):

$$W_\nu = \frac{(w_\nu + N_\nu - 1)!}{(w_\nu - 1)\, N_\nu!}.$$

Diese Formel bedeutet nicht die „Anzahl gleichberechtigter Verteilungen von $N_\nu$ unabhängigen Elementen über $w_\nu$ Resonatoren (oder Eigenschwingungen)"[8]), sondern die Anzahl gleichberechtigter Verteilungen von $N_\nu$ Lichtatomen über $w_\nu$ Realisierungsmöglichkeiten in ein und demselben Frequenzintervall $d\nu$.

Aus der obigen Formel mit Anwendung des Boltzmannschen Prinzips erhält man den Ausdruck für die Entropiedichte einer monochromatischen Strahlung. Woraus, auf Grund des Wienschen Verschiebungsgesetzes für die Größe $w_\nu$, folgender Ausdruck folgt[1]):

$$w_\nu = \text{const.}\ \nu^2.$$

Wir sehen daraus, daß die Größe $w_\nu$ für jedes Frequenzintervall eine charakteristische Konstante ist, die von der Zahl $N_\nu$ unabhängig ist. Auf Grund dessen kann ich also behaupten, daß die Zahl der gleichwahrscheinlichen verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten eines Lichtatoms von der Frequenz $\nu$, d. h. die thermodynamische Wahrscheinlichkeit für die Existenz eines Lichtatoms von einer bestimmten Frequenz, von der Zahl der gleichzeitig vorhandenen Lichtatome, in demselben Frequenzintervall, unabhängig ist. In diesem Sinne habe ich auch in meiner Note[2]) von der Unabhängigkeit der Lichtatome in bezug auf ihre Existenz bei meiner Ableitung der Planckschen Formel gesprochen.

Daß bei der Ableitung des Wienschen Strahlungsgesetzes durch Herrn Krutkow die räumliche Unabhängigkeit der Lichtatome in Betracht kommt, läßt sich auch ohne „explizite Formeln" aus seiner Annahme (II) ersehen[3]). Die Einsteinschen Lichtquanten verhalten sich tatsächlich wie die einzelnen voneinander unabhängigen Moleküle eines Gases, auf welche Analogie auch Herr Krutkow selbst hingewiesen hat[4]). Noch deutlicher jedoch tritt die räumliche Unabhängigkeit der Einsteinschen Lichtquanten aus der Einsteinschen Betrachtung[5]) selbst hervor. Aus der Wienschen Strahlungsformel berechnet Einstein die Wahrscheinlichkeit $W$ dafür, daß alle in einem Volumen $v_0$ eingeschlossene $n$ Lichtquanten von derselben Frequenz in einem beliebigen Zeitmoment sich in dem Teilvolumen $v$ des Volumens $v_0$ befinden[6]). Der Ausdruck für diese Wahrscheinlichkeit lautet:

$$W = \left(\frac{v}{v_0}\right)^n.$$

Diese Wahrscheinlichkeit läßt sich deuten als ein Produkt der einzelnen Wahrscheinlichkeiten $\frac{v}{v_0}$ dafür, daß ein einzelnes von den betrachteten Lichtquanten im beliebigen Zeitmoment im Teilvolumen $v$ liegt. Daraus, daß die gesamte Wahrscheinlichkeit $W$ durch das Produkt

1) G. Krutkow, diese Zeitschr. **15**, 363, 1914.
2) M. Wolfke, diese Zeitschr. **15**, 308, 1914.
3) G. Krutkow, l. c., Abschnitt A.
4) G. Krutkow, diese Zeitschr. **15**, 133, 1914.
5) M. Wolfke, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 1123, 1215, 1913.
6) Vgl. M. Wolfke, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, § 3, 1126, 1913.
7) Vgl. M. Wolfke, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, § 3, 1126 und § 2, 1216, 1913.
8) Vgl. G. Krutkow, diese Zeitschr. **15**, 363, Abschnitt B, 1914.

1) Vgl. M. Wolfke, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, Formel 5), 1217, 1913.
2) M. Wolfke, diese Zeitschr. **15**, § 3, 309, 1914.
3) Vgl. M. Wolfke, diese Zeitschr. **15**, § 4, 310, 1914.
4) G. Krutkow, diese Zeitschr. **15**, § 2, Formel (b), 135, 1914.
5) A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 132, 1905.
6) A. Einstein, l. c., § 6, 143.

der einzelnen Wahrscheinlichkeiten $\frac{v}{v_0}$ ausgedrückt wird, erkennt man, daß es sich um einzelne voneinander unabhängige Ereignisse handelt. Wir sehen also, daß bei der Einsteinschen Betrachtung die Tatsache, daß ein Lichtquantum in einem bestimmten Teilvolumen liegt, von der Lage der anderen Lichtquanten unabhängig ist. Dies ist aber nichts anderes, als die in meiner Note[1]) angedeutete räumliche Unabhängigkeit der Einsteinschen Lichtquanten.

Ich hoffe, daß diese Auseinandersetzung die an der Frage interessierten Leser überzeugen wird, daß die Ableitung der Wienschen Strahlungsformel des Herrn Krutkow meiner Ableitung der Planckschen Formel nicht widersprechen kann, da beide Ableitungen auf prinzipiell verschiedenen Annahmen basiert sind.

1) M. Wolfke, diese Zeitschr. **15**, § 3, 309, 1914.

Zürich, März 1914.

(Eingegangen 29. März 1914.)

## Bemerkung zu der Arbeit des Herrn Th. Svedberg, Wellenstromlichtbogen in Flüssigkeiten.

Von Ferdinand Braun.

Dem Herrn Verf. dieser Arbeit (Physikalische Zeitschrift Nr. 7 vom 1. April d. J. S. 361) ist, wie auch durchaus begreiflich ist, nicht bekannt gewesen, daß dieselbe Methode schon im D.R.P. Nr. 198844 vom 18. Juli 1906 (ausgegeben den 25. Mai 1908) beschrieben worden ist. Es ist daselbst auch darauf hingewiesen worden, was vielleicht von weiterem Interesse ist, daß im Flammenbogen, der in Alkohol brennt, die Wasserstofflinien sehr stark ausgeprägt, dagegen in dem in Kohlenwasserstoffen brennenden nicht beobachtbar sind; es tritt dort ein kontinuierliches Spektrum auf.

(Eingegangen 4. April 1914.)

# BESPRECHUNGEN.

**E. Study, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume.** (Die Wissenschaft. Bd. 54.) 8⁰. IX u. 145 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1914. M. 4.50, gebunden M. 5.20

Wenn das Studysche Buch von gewisser philosophischer Seite Beachtung finden sollte, so muß man darauf gefaßt sein, daß es Stürme der Entrüstung erregen wird. Der Physiker kann mit größerer Ruhe dem Inhalte des kleinen Werkes gegenübertreten. Stabiliert es doch vor allen Dingen den Grundsatz, daß über die Grundlagen der Naturwissenschaft, zu denen auch die Vorstellungen von Raum und Zeit gehören, der Naturforscher selbst die höchste Instanz ist. „Erkenntnistheoretische Ansichten, die im wesentlichen von Mathematikern und Physikern begründet worden sind (ich nenne Gauß, Riemann, Helmholtz) und auch heute noch unter diesen in Ansehen stehen, werden neu dargelegt und gegen eine Reihe philosophischer Angriffe verteidigt", so formuliert der Verfasser selbst im Vorwort kurz den Zweck und Inhalt seiner Schrift. Das realistische Weltbild, das in dem ersten Abschnitt des Buches entworfen wird, besteht im wesentlichen in der Behauptung, daß dem Raume der Körperwelt eine vom erkennenden Subjekte unabhängige Existenz zugeschrieben werden müsse, und begründet diese durch den Hinweis auf die Praxis des Lebens, auf die brutale Gewalt der Tatsachen, der sich auch ein durch philosophische Spitzfindigkeiten verwirrter Geist nicht entziehen kann. Die Form aber, in der diese reale Außenwelt wissenschaftlich bearbeitet wird, ist immer und überall die in der Naturwissenschaft gebräuchliche Methode, Hypothesen zu bilden, deren Folgerungen an der Erfahrung geprüft und die gemäß dem Ausfall dieser Prüfung verbessert werden.

Diese Anschauung, die ausdrücklich nicht als „philosophisches System" hingestellt wird (S. 19), sondern als eine Art Anweisung zum vernünftigen Leben und Forschen, wird nun im zweiten Abschnitte gegen die widerstreitenden Behauptungen gewisser philosophischer Systeme verteidigt. Erscheint es nun auch merkwürdig, daß es zwischen dem „Nicht-System" des Realismus und richtigen „Systemen" zu einem Kampfe kommen kann, so ist die Abfertigung dieser Systeme, des Idealismus, des Positivismus, des Pragmatismus, höchst vergnüglich zu lesen für jeden, dem die Unklarheit, Verschwommenheit und Anmaßung moderner philosophischer Schulen bekannt ist — vielleicht gehört dazu auch der eine oder der andere physikalische Fachgenosse. Philosophen der alten Schule, deren es auch heute noch gibt, für die das Zustandekommen der Erkenntnis, die Möglichkeit der „Hypothesenbildung" Studys, selbst ein Problem ist, werden sich vielleicht nicht getroffen fühlen; die eigentliche philosophische Fragestellung wird von Study nicht berührt, wahrscheinlich weil er sie für unfruchtbar und zwecklos hält. Die Physiker brauchen ihm da nicht zu widersprechen, zumal der Hinweis auf die Gleichgesinnten Gauß, Riemann, Helmholtz zur Gefolgschaft anspornt, sondern können die Verteidigung der Berechtigung der rein philosophischen Probleme den Fachphilosophen überlassen.

Die folgenden Abschnitte enthalten die Anwendung der realistischen Weltauffassung auf das Raumproblem. Der Verfasser bildet da den Begriff der „natürlichen Geometrie", die zweierlei Eigenschaften hat: einmal ist sie etwas Vorgefundenes, ein Objekt des Naturerkennens, sodann ist sie ein Zweig der reinen Mathematik, also einer rein begrifflichen Entwicklung fähig. Nur weiß man nicht genau, welcher Zweig der reinen Mathematik es ist, der in der Natur realisiert ist; „wir be-

sitzen die natürliche Geometrie höchstens in dem Sinne, wie der Eigentümer einer großen Bibliothek ein verstelltes Buch besitzt". Wir müssen sie also suchen, suchen in der unendlichen Gesamtheit logisch ausdenkbarer Geometrien. Es ist das die dem Naturforscher geläufige Vorstellung, daß für jedes Naturgesetz „in Wirklichkeit" eine exakte Formel existiert, nur wissen wir nicht welche, sondern müssen an der Hand mühsamer Erfahrungen aus allen möglichen Formeln eine möglichst gut passende aussuchen.

Der Verfasser zeigt dann, wie im Falle der Raumgesetze diese „Auslese durch Erfahrung" schließlich zu vier Arten von Maßgeometrien führt, den bekannten „nicht-euklidischen Geometrien" (der sphärischen, elliptischen, pseudosphärischen Geometrie) und der euklidischen. Aber prinzipiell liefert die Erfahrung keine Entscheidung zwischen diesen, sondern nur die Abschätzung, daß, wenn die „wirkliche" Geometrie eine der nicht-euklidischen ist, diese nur äußerst wenig von der euklidischen abweichen kann. Man mag daher bis auf weiteres der euklidischen Geometrie den Vorzug geben, aber es wäre übereilt, damit die erkenntnistheoretische Frage nach der Struktur des empirischen Raumes als erledigt anzusehen.

Das Buch schließt, nach nochmaliger Besprechung von möglichen Einwänden der Positivisten und Pragmatisten, mit einem Abschnitt über die „Axiomatik der Geometrie", der wohl mehr bei dem Mathematiker, als dem Physiker Interesse erregen wird; denn er betrifft im Grunde eine Frage des mathematischen Geschmackes. Auf der einen Seite steht das aus der klassischen Antike stammende Ideal, die Geometrie frei von Analysis aus ihren Axiomen aufzubauen; auf der anderen Seite steht der Wunsch, in möglichst einfacher Weise zu dem für die mathematische Physik nötigen Gebäude der Geometrie zu gelangen, wozu die Koordinatenmethode geeignet ist. Wenn auch der Physiker für den Gebrauch den letzteren Weg bevorzugen wird, so kann man doch die rein logischen Errungenschaften der von Study höchst mißachteten Axiomatik gelten lassen und sich freuen, daß das antike Problem durch Pasch, Hilbert, Schur und andere so weit gefördert worden ist.

Der Verfasser verspricht, dem geduldigen Leser seine vielen Achs und Ohs und die Frage- und Ausrufungszeichen, mit denen er den Rand des kleinen Buches geschmückt haben wird, nicht zu verübeln. So mag auch der Referent, der in manchen Punkten andrer Ansicht ist, auf Gnade hoffen, wenn er zum Schlusse versichert, daß der Leser eine Fülle von Anregung und Vergnügen aus dem Werke schöpfen kann. M. Born.

---

**Aus Natur und Geisteswelt.** Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 8. Leipzig, B. G. Teubner. Je geb. M. 1.25

291. Bd. O. Anselmino, Das Wasser. VI u. 122 S. mit 44 Figuren im Text. 1910.

Der Verfasser gibt hier einen ausgezeichneten Überblick über die chemischen, physikalischen und physiologischen Eigenschaften des Wassers, über die verschiedenen Methoden, das Wasser zu reinigen und auf seine Brauchbarkeit hin zu prüfen, insbesondere auf Grund der von der großherzoglichen Lebensmittelprüfungsstation in Karlsruhe ausgearbeiteten Anweisungen. Besonders wertvoll ist das Kapitel: „Die Mineralwässer". Geringfügige Druckfehler fand Referent auf den Seiten 53 und 88. Die Formeln auf Seite 29 und 30 könnten besser wegfallen.

311. Bd. H. Alt, Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. VI u. 124 S. mit 45 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. 1910.

Nach eingehender Besprechung des Verhaltens der Gase und Dämpfe werden die verschiedenen Kaltluft- und Kalt-Dampfmaschinen behandelt. Ein weiteres Kapitel enthält Betrachtungen über die Verflüssigung der Gase bis zur Einführung des Regenerativprozesses (1895), dem sich zwei Abschnitte über die modernen Gasverflüssigungsmaschinen und über die Verwendung der sehr tiefen Temperaturen anschließen.

324. Bd. F. A. Schulze, Die großen Physiker und ihre Leistungen. IV u. 108 S. mit 5 Bildnissen. 1910.

Aus der großen Zahl bedeutender Physiker hat der Verfasser fünf herausgegriffen, nämlich Galilei, Newton, Huygens, Faraday und Helmholtz und läßt ihre Kämpfe und ihr Ringen nach der Erkenntnis, ihre Erfolge und äußeren Lebensschicksale in geistreicher, fesselnder Darstellung an unserem geistigen Auge vorüberziehen.

378. Bd. A. Marcuse, Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben. IV u. 99 S. mit 26 Abbildungen im Text. 1912.

Die Astronomie besitzt nicht nur eine eminent ideale Bedeutung, denn kaum ein Mensch — sagt schon Seneca — erhebt seine Augen zum Himmel, ohne Ehrfurcht und Bewunderung beim Anblick so vieler Millionen strahlender Lichter, bei der Beobachtung ihres Laufes und ihrer Umwälzungen zu empfinden, sondern sie besitzt auch hervorragend praktischen Wert für die äußere Wohlfahrt der Menschen. Der Verfasser zeigt, daß die Sicherheit und Schnelligkeit der modernen Schiffahrt wesentlich auf Erfahrungen und Ergebnissen der astronomischen Wissenschaft beruht, er erörtert die Probleme der geographisch-astronomischen Ortsbestimmung bei Landreisen und Luftfahrten und zeigt anschaulich, wie der regelmäßige Zeitdienst und die allgemeine Zeitrechnung unmittelbar mit der Himmelskunde verknüpft sind. Des weiteren wird auf die Beziehungen der Astronomie zur Erdphysik, insbesondere zum Erdmagnetismus und zur Meteorologie hingewiesen und auf die eigenen Untersuchungen des Verfassers über die Schwierigkeiten der wissenschaftlichen Beobachtungen eingegangen, insbesondere über die Fehler, die sich durch die Unvollkommenheit der Sinneswerkzeuge in die astronomischen Messungen einschleichen können.

90. Bd. J. Franz, Der Mond. IV u. 120 S. mit 34 Abbildungen im Text und auf 2 Doppeltafeln, II. Auflage. 1912.

Der kürzlich verstorbene Verfasser, eine Autorität auf dem Gebiete der Mondforschung, bringt in dem vorliegenden Bändchen die Hauptergebnisse der Forschung über den Mond. Da die Einführung der Photographie in die Himmelsforschung einen ebenso großen Fortschritt bedeutet wie einst die Erfindung des Fernrohrs und verschiedene hervorragende Sternwarten des In- und Auslandes vorzügliches Material in den letzten Jahren geliefert haben, so haben sich eine Fülle interessanter Entdeckungen ergeben, über die, da sie noch nicht zur Kenntnis größerer Kreise gelangt sind, in diesem Bändchen berichtet wird. Den Schluß bildet ein Kapitel über die Geschichte der Mondforschung, in dem man

allerdings das nachgelassene Werk Keplers über die Astronomie des Mondes, den „Traum" vermißt.

110. Bd. S. Oppenheim, Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. II. Auflage. IV u. 134 S. mit 19 Abbildungen im Text. 1912.

In leicht verständlicher Form bietet der Verfasser dem Leser einen Einblick in den Entwicklungsgang der gesamten Astronomie, er gibt ihm einen klaren Begriff von den Vorstellungen, welche sich bei den älteren Kulturvölkern des Altertums im Anschluß an die durch die aufmerksame Beobachtung der Vorgänge am Himmel erworbenen Kenntnisse zu entwickeln begannen, zeigt, wie sich bei den Griechen das Weltbild zu einem geozentrischen erweiterte, ja schon Versuche unternommen wurden, es durch ein heliozentrisches zu ersetzen und führt ihn dann in die Reformationszeit der Astronomie, in die Zeit der Begründung des heliozentrischen Systems durch Kopernikus, Galilei, Kepler und Newton. In einem Schlußkapitel gibt der Verfasser dann eine gedrängte Übersicht über die Errungenschaften der Astronomie seit Newton.

86. Bd. R. Vater, Die neueren Wärmekraftmaschinen. II: Gaserzeuger, Großgasmaschinen, Dampf- und Gasturbinen. III. Auflage. VI u. 116 S. mit 45 Abbildungen. 1913.

Die Schrift ist eine Ergänzung der Bändchen über „Die neueren Dampfmaschinen" (Nr. 21) und „Dampf- und Dampfmaschinen" (Nr. 63). Da auf dem behandelten Gebiete seit dem Erscheinen der letzten Auflage bedeutende Fortschritte gemacht worden sind, so sind Maschinen, die heute vom Markte verschwunden sind, wie die Öchelhäuser-Maschine, die Laval-Turbine usw. fortgelassen oder nur ganz kurz erwähnt. Dagegen ist der Beschreibung von solchen Maschinen ein größerer Raum eingeräumt worden, die in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht haben und deren Anwendung zugenommen hat, wie die Diesel-Maschine, oder die Gasturbine von H. Holzwarth, die einzige Gasturbine, welche, baulich gut durchgebildet, sich als betriebsfähige Maschine erwiesen hat.

197. Bd. G. Kowalewski, Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. II. Auflage. VI u. 106 S. mit 22 Figuren. 1913.

Um den Leser zeitiger zur Differentialrechnung (Kapitel II) gelangen zu lassen, ist das 1908 in erster Auflage erschienene Bändchen ziemlich stark umgearbeitet worden, namentlich in dem ersten Kapitel („Häufungswerte und Grenzwerte"). An das III. Kapitel „Integralrechnung" schließt sich die „Historische Übersicht" an, in der die Werke von Newton und Leibniz sowie deren Vorläufer behandelt werden. Von den wenigen Aufgaben, die der Verfasser bringt, könnte die Aufgabe von der Bienenzelle (S. 59), wonach die Bienen mit möglichst großer Materialersparnis bauen, besser wegbleiben, da beim Wabenbau rein physikalische Kräfte in die Erscheinung treten, die mit der „Intelligenz" der Bienen in keinem Zusammenhang stehen. Auf derselben Seite muß es übrigens Figur 17 statt Figur 15 heißen (5. Zeile v. o.).

387. Bd. M. Lindow, Differential- und Integralrechnung mit Berücksichtigung der praktischen Anwendung in der Technik. VII u. 111 S. mit 42 Figuren. 1913.

In der vorliegenden Schrift wird weniger auf strenge Formulierung der Grundlagen der Infinitesimalrechnung gesehen, wie dies in dem oben genannten Kowalewskischen Bändchen geschehen ist, als vielmehr auf möglichst faßliche Gestaltung der Darstellungsform — oft werden die Beweise geometrisch geführt — und auf möglichst vielseitige Anwendungen. Die zahlreichen Rechenbeispiele sind vielfach der Mechanik, Elektrotechnik, Wärmelehre sowie der Luftfahrt entnommen.

396. Bd. P. Kukuk, Unsere Kohlen. Eine Einführung in die Geologie der Kohlen unter Berücksichtigung ihrer Gewinnung, Verwendung und wirtschaftlichen Bedeutung. X u. 120 S. mit 60 Abbildungen und drei Tafeln. 1913.

Der vorliegende zusammenfassende und auf dem heutigen Stande unserer Erfahrungen fußende Überblick über die als „Kohlen" bezeichneten fossilen Brennstoffe ist ganz ausgezeichnet. Auf 120 kleinen Seiten findet man hier ein immenses Tatsachenmaterial, das der Verfasser aus der kaum übersehbaren und teilweise schwer zugänglichen Literatur mit Geschick ausgewählt und, um das Verständnis des Stoffes zu erleichtern, mit zahlreichen Textzeichnungen, übersichtlichen Tafeln und Abbildungen nach charakteristischen Photographien versehen hat. Besonders wertvoll erscheinen die Abschnitte über das Vorkommen der Kohlenlagerstätten in geographischer Hinsicht, insbesondere deshalb, weil eine nur einigermaßen vollständige Übersicht über die wichtigsten Vorkommen von Stein-, Braunkohle und Torf in der Literatur nicht vorhanden sein dürfte.

29. Bd. K. Scheid, Die Metalle. III. Auflage. VI u. 111 S. mit 11 Abbildungen. 1914.

Die nunmehr in dritter Auflage vorliegende Schrift weist wiederum zahlreiche Verbesserungen sowie in einzelnen Teilen eine vollständige Neubearbeitung auf. Die zahlreichen geschichtlichen Notizen sind gründlich durchgesehen und das statistische Material wieder auf den neuesten Stand gebracht worden. Auf die ausführlichen, aber sehr schnell veraltenden Tabellen der früheren Auflagen ist verzichtet worden. Vielleicht könnte in der nächsten Auflage auch auf die beiden technisch wichtigen Metalle Tantal und Vanadin hingewiesen werden.

303. Bd. A. v. Ihering, Die Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. I. Teil. Die Mechanik der festen Körper. IV u. 114 S. mit 61 Abbildungen im Text. 1910.

In der vorliegenden Schrift gibt der Verfasser die wichtigsten Grundsätze der Mechanik kurz an, bringt sie dem Leser durch zahlreiche Anwendungsbeispiele zur Anschauung und zeigt an einfachen Berechnungen, wie die Hauptgleichungen, in welche sich die wichtigsten Lehrsätze fassen lassen, zur Anwendung zu bringen sind. In Fällen, wo sich auf rechnerischem Wege komplizierte Formeln und Berechnungen ergeben hätten, bedient sich der Verfasser der graphischen Methode, namentlich bei der Untersuchung der Beanspruchung von Fachwerken und ungleichmäßig belasteten Trägern.

304. Bd. A. v. Ihering, Die Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. II. Die Mechanik der flüssigen Körper. IV u. 112 S. mit 34 Textabbildungen. 1912.

Diese Schrift ist nicht vollständig in sich abgeschlossen, vielmehr wird verschiedentlich auf das

vorhergehende (303.) Bändchen zurückverwiesen, dessen Fortsetzung es bildet. Ebenso wie dieses enthält die vorliegende Schrift zahlreiche Beispiele aus der Technik. Die Schrift selbst enthält 3 Kapitel, die „Hydrostatik", die „Hydraulik" und „Anwendungen". In dem letzten Kapitel wird insbesondere auf die Wirkungsweise der Pumpen und Wasserkraftmaschinen sowie auf die Berechnung ihrer Leistungen eingegangen. Störend wirken verschiedene Druck- und Rechenfehler.

393. und 394. Bd. R. Vater, Die Dampfmaschine. I. Wirkungsweise des Dampfes im Kessel und in der Maschine. IV u. 102 S. mit 37 Abbildungen. 1913. II. Ihre Gestaltung und Verwertung. IV u. 99 S. u. 95 Abbildungen und einer Tafel.

Das 393. Bändchen enthält lediglich eine Beschreibung der inneren Vorgänge im Dampfkessel und in der Dampfmaschine, das 394. dagegen einen Überblick über die baulichen Einzelheiten und die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der Kolbendampfmaschine. Beide Bücher sind anregend geschrieben und jedes für sich verständlich.

R. Lucas.

---

**E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik.** 20.—22. neubearbeitete Auflage herausgegeben von W. König. gr. 8. X u. 652 S. mit 439 Figuren im Text und einer Spektraltafel. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1913. M. 6.60, gebunden M. 7.50

Über die vorhergehenden Auflagen wurde in dieser Zeitschr. **13**, 526, 1912 berichtet. In der neuen, jetzt vorliegenden und im Juni 1913 abgeschlossenen Auflage sind einige Ergänzungen aufgenommen worden, den Fortschritten der physikalischen Erkenntnis entsprechend. Sie sind dem bisherigen Charakter des Buches vortrefflich angepaßt und beziehen sich in erster Linie auf die neueren Forschungen über die spezifischen Wärmen. Auch ist unter anderem die kinetische Theorie der Gase und die Magnetisierung des Eisens in Spulen etwas eingehender besprochen worden.

Valentiner.

---

**L. Dressel S. J., Elementares Lehrbuch der Physik nach den neuesten Anschauungen.** 4. vermehrte und verbesserte Auflage, besorgt von J. Pfaffrath S. J. 2 Bde. XXVIII u. 1202 S. mit 705 Fig. und einer Spektraltafel. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung. 1913. M. 20.—, geb. in Leinw. M. 22.—

Da die dritte Auflage in dieser Zeitschrift **7**, 280, 1906 nur eine kurze, die Güte des Werkes hervorhebende Anzeige erfahren hat, so möchte ich auf das eigenartige Lehrbuch, das nun in der vierten Auflage vorliegt, etwas näher eingehen, wenngleich das Buch zweifellos schon vielen in einer der früheren Auflagen bekannt ist und Freunde gefunden hat. Um das Wesentliche vorweg zu nehmen, das Werk ist ganz außerordentlich inhaltsreich, zweifellos gehaltvoller, als man bei dem immerhin noch mäßigen Umfang erwarten sollte. Dabei ist großes Gewicht darauf gelegt, auch die neuesten Forschungsergebnisse zu berücksichtigen. Freilich konnte das zum Teil nur andeutungsweise und durch Hinweise auf Originalliteratur oder auf zusammenfassende Darstellungen des betreffenden Gegenstandes in einer leicht zugänglichen Zeitschrift geschehen. Immerhin wird es durch die Reichhaltigkeit und diese Hinweise auf moderne Erkenntnisse speziell Lehrern an höheren Unterrichtsanstalten wertvolle Dienste leisten, denen es oft nicht möglich ist, die neueste Literatur selbst mit zu verfolgen. Und dann wird das Werk natürlich mit Vorteil neben den Vorlesungen von den Studierenden benutzt werden. Die häufige Bezugnahme auf Aufsätze in der bekannten Poskeschen „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht", ohne die manche Angaben kaum verständlich sind, setzt allerdings voraus, daß dem Leser diese Zeitschrift zur Hand ist, was nicht immer der Fall sein wird. Aber nur dadurch ist eben die erfreuliche Reichhaltigkeit ermöglicht.

Die Anordnung des Stoffes ist durchaus abweichend von der üblichen. Der 1. Teil des ganzen Werkes, die Mechanik, zerfällt in die „allgemeine Mechanik" (die die Bewegungslehre enthält) und „die besondere Mechanik". In der letzteren wird der Reihe nach in 5 Abschnitten behandelt: die Mechanik der starren Körper, die der Flüssigkeiten, die der Gase, die der elastischen Stoffe und die mechanische Energetik; in den vierten Abschnitt ist die ganze Schwingungslehre und die Akustik mit aufgenommen. Der 2. Teil des Werkes umfaßt als erstes Buch (noch im 1. Bande mit enthalten) die Wärmelehre, als zweites die Elektrizität und als drittes die Erscheinungen der Ätherstrahlung, wozu 1. die Optik, 2. die dunkle (ultrarote) Strahlung, 3. die elektrische Strahlung gehört. Die Darstellung ist klar, knapp und interessant.

Über dem Bestreben, möglichst modern zu sein und recht vielseitig, was die neuesten Errungenschaften anlangt, scheint mir das weniger Moderne manchmal etwas zu kurz gekommen zu sein, ich denke da z. B. an die Besprechung der elastischen Eigenschaften fester Körper, des Huygens-Fresnelschen Prinzips, der geometrischen Optik. Eingehend und sehr schön sind die physikalisch-physiologischen Erscheinungen (spez. in der Optik) behandelt.

Ganz im Sinne Dressels ist die vorliegende 4. Auflage von Pfaffrath besorgt worden. Sie enthält eine Reihe von Zusätzen und Umarbeitungen, mit der 3. Auflage verglichen. Neu bearbeitet wurden unter anderem die Erscheinungen der Luftelektrizität, der elektrischen Strömung in Gasen, der Radiotelegraphie; neu aufgenommen Abschnitte über Radioaktivität, Erdbebenwellen u. a., in die ebenfalls, wie in die früheren auf verhältnismäßig wenig Seiten eine Menge wertvolles Material hineingearbeitet worden ist. Sehr erwünscht sind auch die modernen Angaben über ausgeführte Dampfmaschinen, Turbinen usw. und aus der Wechselstromtechnik.

Das Buch ist endlich auch reich an Zahlenmaterial und auch in bezug hierauf ist die neuere Literatur sorgfältig durchgesehen. Die Figuren sind gut ausgewählt und die schematischen mit guter Überlegung gezeichnet.

Alles in allem kann das Werk recht empfohlen werden.

S. Valentiner.

---

**A. W. Duff, Textbook of Physics.** (Blakistons Science Series.) Third Edition revised. With 595 Illustrations. gr. 8. XIII u. 686 S.

Philadelphia, P. Blakistons Son & Co. 1912. Shill. 2.75

Die 1. Auflage erschien 1908, die 2. 1909, die 3. 1912. Dieser schnelle Absatz des Buches ist zweifellos eine gute Empfehlung. In der Tat haben wir hier ein sorgfältig bearbeitetes Unterrichtsbuch vor uns, welches seine Beliebtheit zum Teil gewiß dem Umstande verdankt, daß im Gegensatz zu anderen Lehrbüchern dieses Umfangs die einzelnen Teile von Männern geschrieben wurden, die zum Teil durch Arbeiten in den betreffenden Gebieten einen bekannten Namen sich erworben haben. Es wurde verfaßt die Mechanik von A. W. Duff, Wellenbewegung und Optik von E. P. Lewis, die Wärmelehre von C. E. Mendenhall, die Elektrizität und der Magnetismus von A. P. Carman, Elektrizitätsleitung durch Gase und Radioaktivität von R. H. Mc Clung, die Lehre vom Schall von W. Hallock. Wenn dadurch auch hier und da Wiederholungen in der Darstellung unvermeidlich waren — in der letzten Auflage sind sie durch Änderungen der Stoffanordnung übrigens auf ein sehr geringes Maß eingeschränkt — so ist das eigentlich kaum als ein Fehler des Buches anzusehen, da die Darstellung dann immer von verschiedenen Gesichtspunkten aus geschah und daher nützlich ist. Weniger Wichtiges oder auch Anschauungen, die noch stark hypothetischen Charakter haben, sind durch kleinen Druck gekennzeichnet und können überschlagen werden. Bei der Darstellung wird das Schematische, das Allgemeine, die Theorie (ohne indessen von der Mathematik viel Gebrauch zu machen) bevorzugt; auf Einzelheiten von Apparaten wird nur selten eingegangen. Dementsprechend sind auch die Figuren schematisch, dabei übrigens sehr klar und ansprechend, und ist in ihnen das Wesentliche gut hervorgehoben. Am Ende eines jeden Kapitels sind eine Reihe von Fragen und Aufgaben (mit den Antworten) über den Stoff des betr. Kapitels zusammengestellt, die nicht nur beim gewöhnlichen Unterricht von Wert sind, sondern auch beim Selbststudium den Lernenden leicht die noch vorhandenen Lücken und Mißverständnisse erkennen lassen. Eine Nachahmung dieser Aufgabensammlungen in deutschen Lehrbüchern dieses Umfangs, oder von den Lehrbüchern abgetrennt in etwas größerem Umfang und Tiefe wäre m. E. zu begrüßen.

In Deutschland wird das Buch kaum großen Absatz finden, da wir hier eine Reihe tüchtiger Lehrbücher besitzen. Ohne Bedenken kann es aber auch hier empfohlen werden und wird zweifellos auch hier viel Gefallen finden, zumal die Darstellung infolge der Mitwirkung mehrerer Forscher einen individuellen Charakter trägt und schon insofern von Interesse ist. S. Valentiner.

---

**R. Lang, Experimentalphysik.** I. Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper. 148 S. mit 125 Fig. im Text. (Sammlung Göschen. Nr. 611.) — II. Wellenlehre und Akustik. 96 S. mit 69 Fig. im Text. (Sammlung Göschen. Nr. 612.) Berlin u. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung. 1912, 1913. M. 1.80

Die Darstellung ist in beiden bisher vorliegenden Bändchen lebendig, einfach und leicht faßlich, wie es dem Ziel der Sammlung Göschen entspricht. Dabei ist die Auswahl des Stoffes recht geschickt getroffen und die Gruppierung im ganzen sehr zweckmäßig und mit viel Originalität, was in Anbetracht der großen Zahl von Lehrbüchern und Leitfaden der Experimentalphysik immerhin nicht ganz leicht ist.

Das 1. Bändchen zerfällt in zwei Hauptteile: Mechanik der idealisierten Materie und Mechanik der wirklichen Materie. Von diesen handelt der zweite von der Molekularkrafthypothese, der Elastizität, der Reibung, den Kapillarkräften, der Diffusion. Dadurch, daß der Verfasser auf die Behandlung der Meßmethoden verzichtet unter Hinweis auf Bändchen 301, Physikalische Messungsmethoden von Bahrdt, was natürlich sehr zu billigen ist, gewinnt er viel an Raum und kann die grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten etwas breiter darstellen.

Das 2. Bändchen enthält recht eingehend (38 Seiten) die Wellenlehre, so daß alle Schwierigkeiten von der Akustik vorweggenommen sind, was zweifellos eine glückliche Wahl ist. Der Rest (56 Seiten) ist der Akustik gewidmet. Was die Anordnung des Stoffes in diesem Teil anlangt, so wäre m. E. eine Zusammenfassung dessen, was in die Physiologie und Psychologie gehört, in einen oder mehrere aneinander anschließende Abschnitte zweckmäßiger gewesen, als das Auseinanderreißen; das musikalisch Interessante der Akustik käme dadurch, glaube ich, mehr zur Geltung und würde besser verstanden. Vielleicht kann auch bei einer neuen Auflage das über Kapillarwellen Gesagte etwas weiter ausgeführt werden. S. Valentiner.

---

**G. Urbain et A. Sénéchal, Introduction à la chimie des complexes.** Théorie et systématique de la chimie des complexes minéraux. gr. 8. III u. 477 S. mit Textfiguren. Paris, A. Hermann & Fils. 1913. Fr. 15.—

Das vorliegende Buch bietet zwar sachlich kaum Neues; aber in der Darstellung der Dinge und insbesondere in der Kritik der Zuständigkeit chemischer Denkmittel bedeutet es einen ganz wesentlichen Fortschritt der exakten Ausgestaltung chemischen Wissens. Als komplexe Verbindungen werden solche definiert, deren Moleküle zahlreiche Atome enthalten. Ihre Einteilung erfolgt auf Grund ihrer thermodynamischen Stabilität. Zu thermodynamisch durchaus stabilen Gleichgewichten führt die Prüfung der sog. Doppelsalze und allgemeiner die von Verbindungen der sehr stark positiven und der sehr stark negativen Elemente. Es werden diese Verbindungen wegen der Reversibilität ihres Zerfalls „unvollkommen komplexe Verbindungen" genannt. Zu den vollkommen komplexen Verbindungen gehören alle organischen Stoffe und die Verbindungen der wenig elektropositiven Metalle und der wenig elektronegativen Nichtmetalle. Sie existieren auch außerhalb ihres eigentlichen, oft sehr engen thermodynamischen Beständigkeitsfeldes in metastabilem Zustande unter einem chemischen Zwange (contrainte chimique) weiter.

Die Denkmittel und die Arbeitsmethoden sind für die beiden gekennzeichneten Gebiete verschieden. Die Chemie der vollkommenen Komplexe wird auf Grund valenztheoretischer Einteilung klar und übersichtlich; ihre Arbeitsmethoden verfahren nach dem Prinzipe der Substitution, wie die organische Chemie: „Es wird immer eine Ruhmes-

tat A. Werners bleiben, daß er vermochte, die Lehren der organischen Chemie mit einem Minimum an Veränderungen auf das Gebiet der Metalle der Platinfamilie und der dreiwertigen Elemente der Eisengruppe zu übertragen." Aber die Verallgemeinerung dieser Prinzipien auf die gesamte unorganische Chemie scheint von nur begrenztem Nutzen zu sein. Für die thermodynamisch stabilen Systeme ist die wirklich fruchtbringende Führerin die physikalische Chemie „et l'histoire de la chimie tout entière nous montre que chaque fois que cette science a fait à la science voisine un nouvel emprunt, elle a réalisé un progrès".

Erkenntnistheoretisch sind die Regeln der Strukturlehre niedriger einzuschätzen, als die thermodynamischen Grundlagen der physikalischen Chemie, d. h. Widersprüche zwischen den Ergebnissen beider Denkrichtungen können nicht auftreten; denn die Strukturregeln haben sich den thermodynamischen Forderungen anzupassen, „où ils doivent disparaître".

Der erste Teil enthält als notwendige Voraussetzung für das folgende ein Exposé über physikalische Chemie. Der zweite Teil behandelt die Wernersche Strukturlehre und als Beispiele für vollkommene Komplexe die Verbindungen von Platin und Kobalt. Im dritten Teil werden als Beispiele unvollkommener Komplexe Verbindungen von Chrom und Kupfer geschildert. Der letzte Teil enthält eine kurze Abhandlung über die Existenzgebiete der Doppelsalze und einen Anhang über Isomorphismus. Es strebt das Buch also keineswegs Vollständigkeit an, wie ein Handbuch. Vielmehr beschränkt es sich auf die Erörterung typischer Beispiele, wie eine Vorlesung zu tun pflegt, und aus Vorlesungen Urbains ist auch das Werk entstanden.

Es ist zu erwarten, daß diese Gedankenwelt bei der Eindringlichkeit und überzeugenden Kraft ihrer Darstellung durch Urbain von seiner einflußreichen und maßgebenden Stelle aus den größten Nutzen bringen wird. W. Biltz.

---

**Lothar Wöhler, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie.** Mit einer Skizzierung der organischen Chemie als Anhang. gr. 8. VIII u. 203 S. mit 9 Abbildungen im Text. Leipzig, S. Hirzel. 1914. M. 4.60, gebunden M. 5.60

Eine als Repetitorium gedachte, sachlich selbstverständlich einwandfreie Darstellung der anorganischen Chemie, die für Studierende an Technischen Hochschulen und Universitäten bestimmt ist, welche die Chemie als Hilfswissenschaft treiben.

Werner Mecklenburg.

---

**H. Boerner, Vorschule der Chemie und Mineralogie.** Zum Gebrauche bei dem Unterricht in der Chemie und Mineralogie an Gymnasien und Progymnasien, sowie bei dem propädeutischen Unterrichte in der Chemie und Mineralogie an Realgymnasien und Realprogymnasien. 4. verbesserte Auflage. Mit 89 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung. 1911. Gebunden M. 1.50

Die von dem Verfasser gewählte Stoffeinteilung zeigt die nachfolgende Zusammenstellung der Überschriften der einzelnen Kapitel: Einleitung, die Verbrennung, die Luft, das Wasser, Allgemeines von den Elementen, Metalloide, Metalle, Einige organische Verbindungen, Endergebnisse. — Den meisten Chemielehrern wird vermutlich weder die vielfach dogmatische Darstellungsweise des Verfassers zusagen, noch auch die Auffassung, daß es nicht „Aufgabe dieses Unterrichts sein kann, in strenger Weise in die induktive Methode einzuführen" (Vorwort, S. VI). Vielfach finden sich auch Ungenauigkeiten, die in einem chemischen Lehrbuche nicht am Platze sind, so heißt es z. B. auf Seite 52: „Der Gips ist eine Verbindung von Schwefelsäure und Kalk", auf Seite 58: „Eine Verbindung des Magnesiums mit Kohlensäure heißt Magnesiumkarbonat", auf Seite 48: „Das Wasserglas ist eine Verbindung der Kieselsäure mit Natrium oder Kalium" usw. Die Endprodukte der Verwesung (S. 73) sind nicht: $CO_2$, $H_2O$ und $NO_3$ (!). R. Lucas.

---

## Berichtigung.

Berichtigung zum Aufsatz über die Relativität der Beschleunigungen in der Mechanik[1]).

Infolge Behinderung des Korrekturlesens durch eine Reise haben sich einige Versehen in meinen Aufsatz eingeschlichen, die vielleicht das Verständnis erschweren.

In Gl. (2) schreibe statt $r^2$ . . $\dot{r}^2$.
Desgl. in der 6. Gl. auf S. 372.
Im dritten Absatz auf S. 372 schreibe statt Energiesatz (3) . . Energiesatz (2).
In der vierten Gleichung auf S. 372 schreibe statt $r'$ . . $r$.
Von Gl. (4) ab bis S. 373 einschl. schreibe überall statt $\delta$ . . . $2\delta$.

1) Diese Zeitschr. 15, 371, 1914.

H. Reißner, Charlottenburg.

---

## Personalien.

**(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

Am 30. März d. J. starb J. H. Poynting, F. R. S. Poynting wurde am 9. September 1852 in Monton bei Manchester geboren. Seine Studien betrieb er im Owens College, Manchester, und an den Universitäten London und Cambridge. Von 1880 an bekleidete er die Professur für Physik an der Universität Birmingham. Von seinen größeren Arbeiten ist zunächst eine genaue Bestimmung der Gravitationskonstante zu nennen. Am bekanntesten ist wohl seine Untersuchung über den Energiestrom in der Elektrodynamik, die im „Poyntingschen Satze" gipfelt. Die Auffassung, die der Strahlung mechanisches Moment zuschreibt, hat er in mehreren Arbeiten über den „tangentialen Lichtdruck" ausgebaut. Zusammen mit J. J. Thomson hat Poynting eine Reihe physikalischer Leitfäden publiziert. Ferner entstammen seiner Feder zwei kleinere populäre Bücher „Der Lichtdruck" und „Die Erde".

**Habilitiert:** An der Universität München Dr. Wilhelm Lenz für theoretische Physik und Dr. Jean Felix Piccard für Chemie.

**Ernannt:** Der ord. Professor der allgemeinen Experimentalchemie organischer Stoffe an der Deutschen Technischen Hochschule Prag Dr. Paul Rabe zum Direktor des Chemischen Staatslaboratoriums Hamburg, der Geh. Regierungsrat Professor Dr. Ludwig Holborn zum Direktor der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin, Dr. Hans Geiger und Privatdozent an der Tech-

nischen Hochschule Berlin Kaiserl. Telegrapheningenieur Dr. Karl Willy Wagner zu Kaiserlichen Professoren und Mitgliedern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin (ersterer als Leiter des Laboratoriums für Radiumforschung, letzterer als Leiter des elektrischen Starkstromlaboratoriums), der Astronom des Reichsmarineamts Privatdozent an der Universität Berlin Admiralsrat Professor Dr. Ernst Kohlschütter zum ord. Honorarprofessor für Geodäsie und Nautik an derselben Universität.

**Verliehen:** Dem ord. Honorarprofessor für Chemie an der Universität Berlin und Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie Dr. Richard Willstätter, sowie dem ord. Professor der Elektrotechnik Dr. Karl Heim und dem ord. Professor der Geodäsie Dr. Karl Oertel, beide an der Technischen Hochschule Hannover, der Titel Geh. Regierungsrat, dem Privatdozenten der Chemie an der Universität Berlin Dr. Hermann Leuchs und dem Privatdozenten für Chemie an der Universität Bonn Dr. Hans Meerwein der Titel Professor.

**Gestorben:** Der frühere Direktor des Lick Observatory auf dem Mount Hamilton Professor Holden.

## Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1914.

### Technische Hochschule Aachen.

**Stark**: Experimentalphysik II: Atomdynamik, Optik, Thermodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Wendt): a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl. — **Seitz**: Theoretische Physik: Theorie der elektrischen Schwingungen und elektromagnetische Lichttheorie, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Wärme, Schall, Licht, 2. — **Polis**: Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen, 1. — **Steubing**: Photographie I, für Anfänger, II, für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 3; Theorie der Wärmestrahlung, 1. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2, Übungen, 2; Elektromotorische Antriebe in Berg- und Hüttenwerken, 2. —

**Bredt**: Organische Experimentalchemie I, 4; Allgemeine Übersicht über die organische Chemie, 2; Organisches Praktikum (mit Lipp). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Scheen, Schleicher, Wolf, Caspar und Roderburg); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie II: Anorganische Industrien, 2, IV, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Ruer**: Physikalische Chemie II, 2, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1; Allgemeines hüttenmännisches Praktikum, 3. — **Fischer**: Maßanalyse, 1; Spezielle Elektrochemie, 1. — **Lambris**: Technologie der Stickstoffverbindungen, 1. — **Levy**: Über Raumchemie organischer Verbindungen, 1. —

**Blumenthal**: Höhere Mathematik III, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1. — **Hamel**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Funktionentheorie, 2 *g*. — **v. Kármán**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 2. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 2, II, 1; Geodätisches Praktikum I, 1 Tag, II, 1 Nachmittag; Geodätische Ausarbeitungen, 4; Geographische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen II, 3; Übungen im Markscheiden und Feldmessen (mit Wandhoff und Kalohr), 1 Tag. — **Wandhoff**: Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

### Universität Basel.

**Hagenbach**: Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8; Moderne Physik in elementarer Darstellung, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2. — **Veillon**: Handfertigkeitspraktikum (mit Zickendraht), 2; Geometrische Optik, 1. — **Matthies**: Elektrizität, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Zickendraht**: Der wissenschaftliche Begriff der Farbe, 1. —

**Rupe**: Die Methoden der organischen Synthese, $2^1/_2$; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Fichter, Bernoulli und Obermiller), 1 *g*. — **Fichter**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9; Chemisches Vollpraktikum (Anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten), tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Bernoulli**: Statik und Dynamik chemischer Reaktionen, mit Demonstrationen, 2; Kinetische Theorie der Gase und Lösungen, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Obermiller**: Ausgewählte Kapitel der organisch-chemischen Großindustrie, 2. — **Beuttner**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie und chemische Toxikologie, 3; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl.; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. —

**Bieberbach**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Differentialgeometrie: Kurven und Flächen, 4; Analytische Zahlentheorie, 2; Übungen zur Integralrechnung, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Spieß), 1 *g*. — **Riggenbach**: Astronomische Übungen, 2. — **Spieß**: Variationsrechnung, 4. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung II, 2; Repetitorium der Algebra, 2. —

### Universität Berlin.

**Rubens**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium, für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Theoretische Optik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Blasius) I: Mechanik, Akustik, Wärme und Optik, 7, II, 7, für Pharmazeuten, 3; Mathematische Ergänzungen zum physikalischen Praktikum II, 1 *g*; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten (mit Regener), 3. — **Hellmann**: Theoretische Meteorologie, 1; Meteorologisches Praktikum, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Warburg**: Elektrisches Leitungsvermögen, 2. — **Schmidt**: Theorie der Gezeiten und Meeresströmungen, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1 *g*. — **Neesen**: Geometrische Optik und optische Instrumente, 2. — **Blasius**: Praktischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$; Übungen im Anschluß an das Praktikum, 1 *g*. — **E. Meyer**: Technische Mechanik, 2. — **Weinstein**: Allgemeine Mechanik und Mechanik der starren Systeme, 3; Vektoranalysis der physikalischen Größen, für Physiker und Mathematiker, 2; Der Pantheismus und seine moderne Entwicklung, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theorie

der Elastizität und Hydrodynamik, 4. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. — **Martens**: Anleitung zu physikalischen Untersuchungen, tägl. *g*. — **Gehrcke**: Einführung in die höhere Mathematik: Elemente der Differential- und Integralrechnung, unter besonderer Berücksichtigung der Anwendungen in den Naturwissenschaften, 1½. — **Grüneisen**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendungen in der Physik, 2. — **Byk**: Absolutes Meßsystem und physikalischer Dimensionsbegriff, 1. — **Kiebitz**: Theorie der elektrischen Schwingungen, 1 *g*. — **Hahn**: Atomzerfall, 1. — **Henning**: Anwendung physikalischer Theorien, insbesondere der Thermodynamik, auf Erscheinungen in der Natur, 1. — **v. Baeyer**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Regener**: Praktische Übungen in radioaktiven Messungen, 3. — **Reichenheim**: Durchgang der Elektrizität durch Gase, 1. — **Pohl**: Interferenz und Beugung des Lichtes, 1; Repetitorium der Elektrizitätslehre, 1. — **Eucken**: Quantentheorie, 1. — **Franck**: Beziehungen zwischen Elektrizität, Magnetismus und Licht auf elektronentheoretischer Grundlage, 1. — **Westphal**: Das ultrarote Spektrum, 1. — **Reiche**: Elektronentheorie, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, 1; Grundlagen der Mikroskopie und Mikrophotographie, 1 *g*. —

**E. Fischer**: Praktische Arbeiten im Chemischen Universitäts-Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Traube, Diels, Leuchs und Stähler), tägl.; Kursus für Mediziner und Zahnärzte, 6. — **Nernst**: Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit Eucken), tägl. — **Beckmann**: Besprechung neuerer chemischer Untersuchungen, 1 *g*. — **Willstätter**: Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker: Anorganische Stoffe, 4, Übungen, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, halbtägig. — **Gabriel**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Chemisch-analytische Übungen im Pharmazeutischen Institut (mit Anselmino), tägl. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie II, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Anorganische Stoffe, 2; Explosivstoffe, 1 *g*. — **Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **Pschorr**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Fock**: Atomtheorie, 1; Kristallographie, 1 *g*. — **Marckwald**: Anorganische Experimentalchemie, 5. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit R. J. Meyer), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Emmerling**: Hydrochemie und Hydrobiologie, 1. — **R. J. Meyer**: Elektroanalyse (Übungen), 9. — **Spiegel**: Anorganische Chemie, für Zahnärzte, 3. — **Neuberg**: Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl. *g*; Organisch-chemische Arbeiten, tägl. *g*. — **Sachs**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen, 1. — **Koppel**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Diels**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Überblick der organischen Experimentalchemie, 3, Ergänzungen, 2; Chemie der Enzyme unter besonderer Berücksichtigung der Gärungsenzyme, mit Experimenten, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Großmann**: Chemische Industrie und Weltwirtschaft, 1; Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, mit Exkursionen, 1½. — **Löb**: Klinisch-chemischer Kursus, 2 Nachmittage; Physiologisch-chemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Reaktionen der Gruppenelemente und Elementgruppen, 2. — **Stähler**: Spezielle anorganische Chemie, mit Experimenten, 1. — **Houben**: Chemische Entdeckungen und ihre Geschichte, 1. — **Lockemann**: Theorien der modernen Chemie, 1. — **Lenz**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 1½; Mikrochemische Analyse, 2. — **Leuchs**: Neuere organische Arbeiten, 1. — **Pringsheim**: Biochemie und Technologie der alkoholischen Gärung, 1. — **Anselmino**: Qualitative Analyse für Apotheker, 1; Arzneibuch, 1; Arzneimittelgesetzgebung, 1. —

**Schwarz**: Raumkurven und krumme Flächen, 4; Variationsrechnung, 4; Elementargeometrische Herleitung der wichtigsten Eigenschaften der Kegelschnitte, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der mittelalterlichen Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der Orts- und Zeitbestimmung, 1 *g*; Kalenderwesen und Kalenderreform, 1 *g*. — **Helmert**: Erdmessung, 1 *g*. — **Frobenius**: Theorie der Determinanten, 4. — **Schottky**: Analytische Geometrie, 4; Thetafunktionen, 4. — **Struve**: Theorie der Systeme von Jupiter und Saturn, 3. — **Cohn**: Ausgleichungsrechnung, 2; Theorie der speziellen Störungen, 2; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hettner**: Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2. — **Knoblauch**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Integralrechnung, 4; Übungen in der Differential- und Integralrechnung, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Handhabung geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischer Instrumente, mit Übungen und Demonstrationen, 1½; Einführung in die astronomische Geographie und kosmische Physik, mit Lichtbildern, 1½; Allgemeine Himmelskunde mit Lichtbildern und gelegentlichen Beobachtungen am Fernrohr, 1½. — **Witt**: Ausgewählte Kapitel der sphärischen Astronomie, 2; Übungen auf der Sternwarte, 6 *g*. — **Kohlschütter**: Die Figur der Erde, 1; Übungen im Geländeaufnehmen, 1 Nachmittag *g*. — **Knopp**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 14tägig, 1½ *g*; Theorie der unendlichen Reihen, 4. —

## Technische Hochschule Berlin.

**Kurlbaum**: Experimentalphysik: Wärme, Optik, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8. — **N. N.**: Experimentalphysik: Wärme, Optik, 4; Physikalische Übungen, 8. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente (Physikalische Übungen), 10. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik II: Gleichgewicht und Bewegung von elastischen, festen und flüssigen Körpern, 4; Einführung in die kinetische Gastheorie, 2. — **Berndt**: Luftelektrizität, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen II, 2; Die Meßinstrumente des Chemikers, 2. — **Glatzel**: Drahtlose Telegraphie II, Aufbau und Betrieb praktischer Stationen, 1; Übungen in der Hochfrequenztechnik, 2. — **v. Ignatowsky**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf verschiedene Gebiete der Physik, insbesondere auf die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, 2. — **Kaßner**: Wettervorhersage, 1. — **Petzoldt**: Das Relativitätsprinzip, 1 *g*. — **Zehnder**: Angewandte Physik: Allgemeine Übersicht über technische Betriebe, mit Projektionen und Exkursion, 2; Physikalisches Praktikum, mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 2 oder 4. — **Günther**: Theorie und Praxis der Meßbildphotographie: Photogrammetrie, 2, Exkursion, 1. — **Franke**: Elektrische Fernmeldetechnik einschließlich drahtlose Telegraphie, 4, Übungen, 6. — **Kloß**: Elektromaschinenbau, 4 bzw. 2; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4. — **Krell**: Schiffselektrotechnik, 2. — **Orlich**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **W. Reichel**: Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Wedding**: Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2. — **Benischke**: Allgemeine Wechsel-

stromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Faßbender**: Einführung in die drahtlose Telegraphie, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutatormotoren für Drehstrom, 1. — **Rüdenberg**: Magnetische Streuung und ihre Wirkung in elektrischen Maschinen, 1. — **Wagner**: Magnetische Hysterese und dielektrische Nachwirkung, 2. — **Zehme**: Elektrische Stadtschnellbahnen und Vorortsbahnen, 2. —

**Hofmann**: Experimentalchemie: Chemie der Metalle mit Einführung, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Gasanalyse, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie (mit Wirth), 2. — **Pschorr**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Dolezalek**: Angewandte Elektrochemie, 2; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 2 halbe Tage; Praktische Arbeiten im physikalisch-chemischen und elektrochemischen Institut, tägl. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und verwandter Produkte: Schmieröle, Treiböle, Leuchtöle, Paraffin, Ceresin, Asphalt usw., 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, für Photochemiker, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Kolloquium über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatekunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, 1. — **Börnstein**: Verbrennung und Heizung, 1. — **Byk**: Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **v. Girsewald**: Praktische Kalorimetrie, mit Übungen, 2. — **Guertler**: Mineralsynthesen, 1. — **Hauser**: Chemie der Kolloide mit ultramikroskopischen Übungen, 2. — **Hilpert**: Analytische Chemie, 1, Kolloquium, 1; Theoretische Chemie in ihrer Anwendung auf die Prozesse der Hüttenkunde, 1. — **Hinrichsen**: Chemische Atomistik, Einführung in die theoretischen Grundanschauungen der modernen Naturwissenschaft, 1. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **H. Liebermann**: Methoden zur Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen, 2. — **v. Pirani**: Die Laboratoriumsöfen und die Messung hoher Temperaturen, mit Demonstrationen, 1. — **Seegert**: Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie (Kolloquien), 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Ausgewählte Kapitel der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wirth**: Analytische Chemie, 1. — **Wolffenstein**: Die neueren Arzneimittel und ihre Fabrikation, 2. —

**Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 3; Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik, 2. — **v. Parseval**: Motorluftschiffe, 2; Flugzeuge, 2; Übungen im Bau von Luftfahrzeugen, 2. — **Reißner**: Mechanik und graphische Statik I, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2 *g*. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Schuberg**: Mechanische Technologie, für Chemiker, 2; Maschinenelemente mit Übungen im Maschinenzeichnen, für Chemiker, 1, Übungen, 3. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie II, 2; Variationsrechnung, 2. — **Weber**: Mechanik I, 4, Seminarübungen, 2, II, 4, Seminarübungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik: Die verschiedenen Formen der Bewegungsgleichungen unter besonderer Berücksichtigung der Probleme des Schiffbaus, 1. — **Wehage**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren technischen Mechanik, 4. — **Dietzius**: Luftschiffbau und Luftschiffahrt, 1. — **Fuchs**: Lineare Differentialgleichungen, 2. — **Jacobsthal**: Repetitorium der höheren Mathematik: Differentialrechnung, analytische Geometrie der Ebene, 2. — **Lichtenstein**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Salkowski**: Projektive Geometrie, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, zugleich Bearbeitung der Aufnahmen, nach Verabredung; Höhere Geodäsie, 2. — **Wolff**: Aufnahme und Bearbeitung eines Höhen- und Lageplanes, 1, Übungen, 1 Nachmittag. —

## Universität Bern.

**Forster**: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluß), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie mit besonderer Berücksichtigung der Mikrophotographie, der Farbenphotographie und der Spektrophotographie, 2; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Thermodynamik, 4; Elektronentheorie II, 2; Moderne Probleme der theoretischen Physik, 1; Seminar für theoretische Physik, nach Verabredung. — **Blattner**: Grundzüge der Elektrotechnik, 1. — **Luterbacher**: Die meteorologischen Faktoren und ihre Beobachtung, 1. —

**Kohlschütter**: Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Physikalische Chemie, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 1; Elektrochemie der Gase, 1. — **Ephraim**: Analytische Chemie, 3; Chemie der Komplexverbindungen, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Tambor**: Organische Chemie I, 6, Repetitorium, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie, ganz- oder halbtägig; Kurs für die Untersuchung der Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch usw., 4; Theorie der Lebenserscheinungen, 1—2; Immunochemie, 1; Katalyse und Löslichkeitsbeeinflussung mit besonderer Berücksichtigung ihrer Rollen in der Biologie, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

**Graf**: Kugelfunktionen II, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen II, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Funktionentheorie II, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$. — **Ott**: Algebraische Analysis I, 2; Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2; Goniometrie und ebene Trigonometrie, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Huber**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Theorie der algebraischen Flächen, 3; Theorie und Anwendung der elliptischen Integrale, 2; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung) (mit Graf), 1. — **Mauderli**: Wissenschaftliches Rechnen II: Anwendungen, 1, Übungen, nach Verabredung; Einleitung in die Physik des Himmels, 2; Drei Lebensbilder aus der Geschichte der Astronomie: Kopernikus, Galilei und Kepler, 1 *g*. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie II: Übungen auf dem Terrain, 3. — **Crelier**: Zentralprojektion, 2; Nichteuklidische Geometrie, 2; Unterrichtsfragen aus der Geometrie, 1. — **Moser**: Die Konstanten der Makehamschen Überlebensordnung, nach Verabredung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**:

Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Berliner**: Zahlentheorie (Fortsetzung), 3. —

## Universität Bonn.

**Kayser**: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Laboratorium für Anfänger, 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Bucherer**: Elemente der Vektoranalyse, 1 *g*. — **Pflüger**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*. — **Eversheim**: Interferenzoptik, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 1 *g*. — **Grebe**: Meteorologie, 2; Übungen in Experimentalvorträgen für Lehramtskandidaten: Elektrizität, 2. —

**Anschütz**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Benrath, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Benrath), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie II: Thermochemie und Elektrochemie, 3; Unterstufe: Stöchiometrische und chemisch-analytische Aufgaben, 14tägig, 2 *g*; Oberstufe: Physikalisch-chemische Aufgaben, 14tägig, 2 *g*; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Sterilisieren von Arzneimitteln, 1; Toxikologische Analyse, 1. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil, ausschließlich der Farbstoffchemie, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik II: Organisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung technisch-chemischer Betriebskontrollen, 1 *g*. — **Benrath**: Chemisches Rechenseminar: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie II: Seltenere Metalle, 1 *g*; Analytische Chemie II: Maß-, Gas- und Elektroanalyse, 2; Übungen in der Gasanalyse, 3 *g*. — **Laar**: Grundlagen der Photographie I: Negativverfahren, 2; Materialien der gesamten graphischen Künste und der Malerei I: Anorganische Substanzen, 1; Photographisches Praktikum, tägl. — **Mannheim**: Chemie der Drogen- und Pflanzenstoffe, 2. — **Meerwein**: Intramolekulare Atomverschiebungen, 1; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Deschauer**: Derivate der Kohlensäure, 1. — **Gewecke**: Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1. —

**Study**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, Oberstufe: Vortragsübungen, 14tägig, 2 *g*. — **London**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Geometrie II: Projektive Geometrie, 3. — **Schur**: Zahlentheorie, 4; Theorie der Fourierschen Reihen, 2; Mathematisches Seminar, Mittelstufe: Behandlung einfacher Aufgaben (mit J. O. Müller), 14tägig, 2 *g*. — **C. Müller**: Einführung in die Geodäsie, mit Übungen, 2 *g*. — **J. O. Müller**: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Küstner**: Theorie und Praxis der astronomischen Instrumente, 3; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), nach Verabredung. — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2. —

## Technische Hochschule Braunschweig.

**Diesselhorst**: Experimentalphysik: Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, Wärmelehre und Optik, 4; Thermodynamik: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1; Elektromagnetische Schwingungen, 3; Physikalisches Praktikum I und II: Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Bergwitz**: Erdelektrizität und Erdmagnetismus oder Ausgewählte Kapitel aus der kosmischen Physik, 1. — **Witte**: Naturwissenschaft und Erkenntnistheorie, 1. — **Peukert**: Elektrotechnische Messungen, 2; Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrotechnisches Praktikum, für Anfänger, 9; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, für Fortgeschrittenere, 9. — **Czeija**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 6; Elektrische Bahnen, 2. — **Mosler**: Telegraphie und Telephonie, 2; Einführung in die Automobiltechnik, 1. — **Micheler**: Einführung in die Photographie, 1; Spezielle Photographie, 2; Photographische Übungen, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3. —

**Meyer**: Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im chemischen Laboratorium; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), nach Verabredung, *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe und Kesselspeisewasser, 2, Übungen, 1. — **Freundlich**: Elektrochemie, für Elektrotechniker und Chemiker, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 2, 4, Übungen, monatlich 2 *g*; Chemisch-technische Analyse II, 2; Enzyme, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe. — **Schultze**: Agrikulturchemie, 2. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle. — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Analyse und Synthese organischer Stoffe mit physiologischer Wirkung, 1. —

**Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 3; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie, 2; Grundlagen der Theorie der Fourierschen Reihen, 1. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Einführung in die höhere Mathematik, 3, Übungen, 1. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik I: Statik, 6, Übungen und Repetitionen, 3, III: Hydraulik, Aerostatik und Aerodynamik, 4, Übungen und Repetitionen, 2; Stabilitäts- und Steuerungsfragen der Luftfahrzeuge, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Konstruktionen, 1. — **Näbauer**: Geodäsie I, 5, Übungen, 2; Grundzüge der sphärischen Astronomie: Direkte astronomische Bestimmung der geographischen Koordinaten und des Azimuts, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I, 5, II, 9; Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 3. —

## Universität Breslau.

**Lummer**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), 6, für Pharmazeuten (mit Waetzmann), 3, für Mediziner (mit Ladenburg), 3, für Geübtere (mit Pringsheim, Schaefer und Waetzmann), tägl. — **Pringsheim**: Kinetische Theorie der Materie und der Elektrizität, 4. — **Schaefer**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Waetzmann**: Die Resonanz in der Mechanik, Akustik, Optik und Elektrizität (experimentell), 2. — **Ladenburg**: Die Atome der Materie und der Energie: („Quanten"), auf Grund neuerer Versuche aus der Radioaktiviät, Optik und Wärmelehre (experimentell), 1. — **Fischer**: Kolloidphysik, 1, Handfertigkeitspraktikum: Unterweisung in der für wissenschaftliche Arbeiten nötigen Kenntnis der Bearbeitung von Holz, Glas, Metall, 3. — **von dem Borne**: Physik der Erdfeste: Geophysik, 3; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, nach Verabredung, *g*. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

**Biltz**: Unorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Referatenstunde für Vorgeschrittenere (mit v. Braun, Meyer, Koenigs und Arndt), 14tägig, $1^1/_2$ *g*; Chemisches Praktikum, organische Abteilung, ganztägig, unorganische Abteilung (mit v. Braun), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Landwirte, 4, für Mediziner (mit Meyer), 4. — **Gadamer**: Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der

Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Schenck**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie und Photochemie, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Ehrlich**: Landwirtschaftlich-chemische Technologie II: Gärungsindustrien (Brennerei, Brauerei usw.), 2; Die Milch, ihre technische Verarbeitung und Verwertung: Molkerei usw., 1; Die Enzyme und ihre Bedeutung für das Pflanzen- und Tierleben, 1 *g*; Chemische, biochemische und technische Arbeiten, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen und Untersuchungen auf dem Gebiete der Zucker-, Brennerei-, Brauereichemie und -technik, 4; Grundzüge der organischen Chemie für Landwirte. — **v. Braun**: Analytische Chemie II, 1; Chemische Tagesfragen, 1; Besprechung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Herz**: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Geschichte der Chemie, 1; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Physikalische Chemie I, 2; Mathematische Ergänzungen, 1; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Arndt**: Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, in elementarer Darstellung, mit Exkursionen, 2; Theoretische Besprechung des anorganisch-chemischen Anfänger-Praktikums, 2 und 1. — **Koenigs**: Benzolderivate, 2. — **Danckwortt**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, mit Exkursionen, 2. —

**Sturm**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Geometrische Verwandtschaften I, 3. — **Kneser**: Fouriersche Reihen und Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 4; Anwendungen der Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schmidt**: Algebra, 4; Elliptische Funktionen II, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schnee**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2; Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, 2. — **Steinitz**: Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*. —

## Technische Hochschule Breslau.

**Lummer**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Flugzeuge, 2; Aeronautische und meteorologische Übungen, 2; Grundzüge der Meteorologie, 1; Physik der Erdfeste, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik II, 4; Elektromaschinenbau I und II, 2; Apparatebau, 2; Übungen im Elektromaschinen- und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, III, 8. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde I und II, 2; Elektrische Kraftanlagen II, 2; Elektrische Bahnen, 2; Übungen im Bau elektrischer Kraftanlagen und Bahnen, 4. — **Grosse-Leege**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

**Stock**: Anorganisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Analytische Chemie, 3; Chemisches Kolloquium (mit Schenck und Semmler), 14 tägig, 2 *g*. — **Semmler**: Organisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Organische Experimentalchemie, 4; Abriß der organischen Chemie, 1. — **Schenck**: Physikalische Chemie I und II, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Neumann**: Anorganisch-chemische Technologie, 4; Praktikum für anorganisch-chemische Technologie, tägl. — **Engelhardt**: Der elektrische Ofen in der Eisen- und Stahlindustrie, 14tägig, 2. — **Nauß**: Einführung in die Gastechnik, 1. —

**Dehn**: Höhere Mathematik IV, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Analysis, nach Verabredung. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 4; Analytische Geometrie, 3. — **Mann**: Mechanik II: Graphische Statik, 4, Übungen, 2, IV, 2, Übungen, 2. — **Steinitz**: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. —

## Technische Hochschule Brünn.

**Jaumann**: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum für Chemiker und Maschinenbauer (mit Lohr), 3, für Bauingenieure (mit Szarvassi), 3. — **Lohr**: Physik, für Hochbauschüler, 4. — **Szarvassi**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Zickler**: Elektrotechnische Messungen, 2; Elektrische Beleuchtungsanlagen, 3; Elektrotechnisches Praktikum I, für Anfänger, 4, III (mit Niethammer), 8, Ausarbeitung, 8. — **Niethammer**: Bau elektrischer Maschinen I, 3; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrischer Arbeitsübertragung, 2; Elektrische Bahnen, 1; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 2, II, 8. —

**Hönig**: Organische Chemie I, 5; Chemische Übungen III, 20; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3. — **Frenzel**: Analytische Chemie I: Allgemeiner Teil, 2; Chemische Übungen I, 19, II, 5; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie I, 3. — **Gröger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, $1^1/_2$. — **Knöpfer**: Synthese organischer Verbindungen, 2. — **Donath**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I (mit Margosches), 20. — **Margosches**: Chemische Technologie III: Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, 2; Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2. — **Ulrich**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe, 25; Spezielle chemische Technologie der Farbstoffe, 1; Spezielle chemische Technologie der Faserstoffe, 1. —

**Waelsch**: Mathematik I b, 2, Korrepetitionen, 1; Darstellende Geometrie, 5, Konstruktives Zeichnen, Übungen, 6. — **v. Schrutka**: Mathematik II 1, 3, Korrepetitionen, 1; Elemente der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1; Funktionentheorie, 2. — **Tietze**: Mathematik II: Mathematische Näherungsmethoden, 4, Übungen, 1; Integralgleichungen, 2. — **Benze**: Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik II, 2, Übungen, 1; Reformen im Rechnungswesen von Versicherungsanstalten, 1. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II, Übungen, 2; Situationszeichnen, Übungen, 4; Niedere Geodäsie, 2; Vermessungsübungen, 12; Sphärische Astronomie, 2. — **Musil**: Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, 6. — **Steiner**: Elemente der niederen Geodäsie, 2, Übungen, 3. — **N. N.**: Mechanik I, 5, Übungen, 2. —

## Universität Czernowitz.

**v. Geitler**: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger II: a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. — **Radaković**: Elektrizität und Magnetismus (Fortsetzung), 5; Seminar für mathematische Physik, 2; Proseminar für mathematische Physik, 2. — **Conrad**: Kosmische Physik: Meteorologie, 4; Einführung in die Erdbebenkunde II, mit praktischen Übungen, 1. —

**Pomeranz**: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 3; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Lindner**: Enzyme und Enzymwirkungen, 1; Anleitung zu chemischen Schulversuchen, 4. —

**Plemelj**: Funktionentheorie (Fortsetzung), 5; Seminar für Mathematik, 2; Proseminar für Mathematik, 2; Besprechung von Fragen der Mathematik und der mathe-

matischen Physik (mit Hahn und Radaković), 14tägig, 2. — **Hahn**: Integralgleichungen, 3; Seminar: Anwendungen der Integralgleichungen in der mathematischen Physik, 2; Grundlagen der Geometrie (Fortsetzung), 3; Proseminar: Übungen aus nichteuklidischer Geometrie, 2. — **Kruppa**: Analytische Geometrie, 3. —

## Technische Hochschule Danzig.

**Krüger**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl.; Drahtlose Telegraphie, 1. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1; Übungen in Photographie und Reproduktionsverfahren I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im photophysikalischen Laboratorium, tägl. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4, II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II, 6, III, 9, IV, für Fortgeschrittene, 11; Projektierung elektrischer Anlagen, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 1, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2. — **Roth**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. —

**Ruff**: Anorganisch-chemische Technologie I, 3, II, 3, III: Technische Elektrochemie, 1; Chemisches Kolloquium (mit Wohl und v. Wartenberg), für Fortgeschrittene, 2 *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektro-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie II, 2; Organisch-chemische Technologie I, 3, II, 4; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium und Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **v. Wartenberg**: Physikalische Chemie I und II, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Klaß**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Glimm**: Gerichtliche Chemie, 1; Technologie des Wassers, 1; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und Gärungsphysiologisches Praktikum, tägl.; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, 3; Mikroskopische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 3; Kurse für Gärungsgewerbe, nach Verabredung. — **Jellinek**: Angewandte physikalische Chemie I und II, 2. —

**v. Mangoldt**: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 3. — **Lorenz**: Einführung in die Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2 *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 1; Synthetische Geometrie, 2. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Geodätisches Praktikum I und II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. — **v. Brunn**: Himmelsmechanik I, 2. —

## Technische Hochschule Darmstadt.

**Schering**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig) I: Allgemeine Physik, II: Angewandte Physik, 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 4; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Physik, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2. — **Limmer**: Photographische Übungen A und B, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3; Grundlagen der Photographie, 2; Grundlagen der Kinematographie, 2; Farbenphotographie, mit Übungen, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Theoretischer Teil (Gleichstromtechnik), 4, Übungen (mit Petersen), 2; Praktikum III: Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Petersen), nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel): Praktikum I, II und IV, 4 halbe Tage; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, $^1/_2$ Tag. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Hebemaschinen und industrielle elektrische Betriebe, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern (Kolloquium), 1 *g*. —

**Wöhler**: Spezielle anorganische Chemie, 4; Theoretische Chemie II, 2; Kolloquium über chemische Tagesfragen, 1; Chemisches Praktikum für anorganische und physikalische Chemie (mit Heyl, D'Ans, Martin und Schäffer), tägl. außer Sonnabend. — **Martin**: Grundzüge der Chemie für Architekten und Ingenieure, 4; Analytische Chemie I, 2. — **Schäffer**: Agrikulturchemie, 1. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Friedlaender), tägl. außer Sonnabend; Färberei-Praktikum (mit Heuser), 4. — **Heuser**: Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Chemische Technologie der Gespinstfasern: Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 1; Rohstoffe und Halbstoffe der Papierfabrikation, 2. — **Friedlaender**: Über natürliche Farbstoffe, 1 *g*. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2, Organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Moldenhauer**: Elektrochemische Übungen, 4; Anwendung der physikalischen Chemie auf chemisch-technische Prozesse, 1; Die Methoden der chemisch-technischen Analyse, 1. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II: Thermochemie, 1, Übungen, 3; Die Steinkohlengasindustrie, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, $1^1/_2$; Photochemie, 1. — **D'Ans**: Chemie in Mineralogie und Geologie, 1; Einführung in die Kolloidchemie, 2. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung von Explosivstoffen, 1. —

**Graefe**: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 3; Einführung in die Funktionentheorie, 3; Äußere Ballistik, 3. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 3, II, 2, Übungen, 1. — **Schleiermacher**: Rechenapparate und wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Aerodynamik in Beziehung zur Luftschiffahrt, 2 *g*. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Ortsfunktionen und Vektorfelder, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Reine Kinematik, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 2 Nachmittage, II, 1 Nachmittag; Geodätische Ausarbeitungen, 4; Praktische Geometrie, Übungen, 4, Ausarbeitungen, 2. — **Assistenten**: Planzeichnen, 4. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6, Übungen, 2; Die allgemeinen Theorien der bestimmten ebenen Fachwerke, 1. — **Braun**: Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Blaeß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2 *g*. —

## Technische Hochschule Dresden.

**Hallwachs**: Experimentalphysik II: Elektrizität II, Optik, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 oder 3, II, ein-

schließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20. — **Toepler**: Theoretische Physik III: Elektrizität und Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*. — **Dember**: Gasionen, Elektronen und Röntgenstrahlen, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3; Theorie des Wechselstromes I, 2; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau I, 2, III, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen für Elektroingenieure, 12, für Maschinen- und Fabrikingenieure, 4; Versorgung der Städte mit Licht und Kraft, 1. — **Barkhausen**: Theorie der Leitungen, 1, Übungen, 1; Elektrische Meßkunde, 2; Drahtlose Telegraphie, 1; Praktikum für Schwachstromtechnik, insbesondere drahtlose Telegraphie I und II, 3; Selbständige Arbeiten im Institut für Schwachstromtechnik, 10 oder 20. — **Möllering**: Telegraphie und Telephonie, 3. —

**Foerster**: Experimentalchemie (anorganisch), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, Technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, halb- und ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Erich Müller**: Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 3; Praktikum für Elektrochemie, 12; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Luther**: Die Grundlagen der Reproduktionstechnik, 1; Farbenphotographie, 1; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institut, 2 und 4. — **König**: Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe, 5; Praktikum für Farbenchemie, Übungen, 12; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, halbtägig; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Gewerbehygiene, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Hygienisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Experimentalchemie der Kolloide und deren technische Verwendung, 2. — **v. Walther**: Theoretische Einzelkapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. — **Dietz**: Die chemische Technologie der Mörtel und Zemente, 1; Die chemische Technologie des Glases, 1. — **Thiele**: Wasser und Abwasser mit besonderer Berücksichtigung des Kesselspeisewassers, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum, 4. — **Grube**: Die elektrischen Öfen der chemischen Großindustrie, 1. —

**Helm**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 3; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Höhere Mathematik III, 3, Übungen (mit Naetsch), 14tägig, 1; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*; Seminaristische Übungen, für Physiker (mit Naetsch), 1 *g*. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Synthetische Geometrie, 3. — **Naetsch**: Sphärische Trigonometrie, 2; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Flächentheorie, 2. — **Heger**: Raumakustik, 1 *g*. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 1; Sphärische Astronomie I, 2, Übungen, 1; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure: Schriftzeichnen, 2; Planzeichnen II für Bauingenieure, 2, für Vermessungsingenieure, 4; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4; Geodätisches Praktikum für Architekten, 4; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen; Städtevermessung, 1. —

## Universität Erlangen.

**Wiedemann**: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik III, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Hauser**: Photographie, mit Übungen, 1 *g*. —

**O. Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Henrich), a) Vollpraktikum, b) Analytisch-chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, Praktikum für Mediziner, 4. — **Busch**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Chemische Technologie: Organische Großindustrie, mit Exkursionen, 2; Ausmittelung von Giften, 1; Chemisches Praktikum, a) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Halbpraktikum, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittelchemisches Praktikum: Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Henrich**: Analytische Chemie: Qualitative und quantitative Analyse der Metalloide (Anionen), mit besonderer Berücksichtigung der Maßanalyse, 3; Die wichtigsten Darstellungsmethoden und Synthesen der organischen Chemie, 2; Geschichte der Chemie bis Lavoisier, 1. — **Jordis**: Spezielle anorganische Chemie und Kolloidchemie, 2; Physikalische Chemie II, 2; Elektrochemisches Praktikum, 4; Chemisches Seminar, 2. —

**Noether**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, *g*; Differentialgeometrie, 4; Mathematisches Seminar, *g*. — **E. Fischer**: Funktionentheorie, 4; Differential- und Integralrechnung II, 3, Übungen, 1 *g*; Algebraisch-funktionentheoretische Übungen, 2 *g*. — **Würschmidt**: Astrophysik, 2; Praktische Übungen in Geländeaufnahmen (mit Volz), 2 *g*. — **Baldus**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 2 *g*; Nichteuklidische Geometrie, 2; Elementare Versicherungsmathematik II, 1, Übungen, 1; Versicherungsmathematik, 2, Übungen, 1. —

## Physikalischer Verein Frankfurt a. M.

**Wachsmuth**: Experimentalphysik: Optik, 1; Mechanische Wärmetheorie, 1; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, $1^1/_2$; Kleines physikalisches Praktikum: a) Einführung in die Experimentalphysik, b) Einführung in die Meßmethoden, 8; Physikalisches Praktikum, tägl.; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Déguisne**: Wechselströme, 2; Kleines elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik, Photometrie, 4, II: Maschinen, Transformatoren, 4; Großes elektrotechnisches Praktikum, tägl.; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Linke**: Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie, 1; Geophysikalische Übungen, 2. — **Seddig**: Praktikum für wissenschaftliche Photographie, 8; Mathematische und experimentelle Ergänzungen zur Mechanik, mit besonderer Berücksichtigung der Industrie, 1. —

**Freund**: Anorganische Experimentalchemie mit spezieller Berücksichtigung der Technologie II, 2; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger: Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse, 8; Großes chemisches Praktikum, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, ganztägig; Einführung in das Praktikum der quantitativen Analyse (mit Speyer), 2; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Elektrochemie, 2; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, 8; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, halb- oder ganztägig, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, ganztägig. — **Fleischer**: Einführung in die modernen Theorien der organischen Chemie, 1; Über selten vorkommende Elemente und deren technische Verwendung, 1. — **Mayer**: Atom und Molekül, 1; Die Anwendung der Farbstoffe: Färberei und Zeugdruck und verwandte Gebiete, 2. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, Chemisch-tech-

nische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, mit Exkursionen, 2; Kleines chemisches Praktikum: Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren im chemischen Laboratorium, auch für Anfänger, 5. —

**Schönfließ**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 2; Mengenlehre, 1. — **Brendel**: Versicherungsrechnung, für Juristen und Nationalökonomen, 2; Versicherungsseminar: Übungen für Mathematiker, 2; Übungen in astronomischer Orts- und Zeitbestimmung, auch für Luftfahrer (mit Brill), 4. —

## Universität Freiburg i. Br.

**Himstedt**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 3, für Naturwissenschaftler (mit Reinganum), 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Mathematische Physik mit Übungen: Elektrizität und Magnetismus, 3; Erörterung theoretischer Fragen, 1 *g*; Quantentheorie und ihre Anwendungen, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Meteorologie, 2; Vektorenrechnung mit physikalischen Anwendungen, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Technisch-physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler: Übungen in der Selbstanfertigung von Apparaten, der Vorführung von Demonstrationsversuchen und der Behandlung elektrischer Maschinen, 2, für Mediziner, mit besonderer Berücksichtigung der Röntgenstrahlentechnik und des Mikroskops, 2, Konversatorium der Physik und ergänzende Vorlesung, *g*. —

**Gattermann**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Riesenfeld, Fromm, Meigen und Skita), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie I (anorganisch), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Meyer**: Physikalische Chemie mit Demonstrationen, 2; Theorie der elektromotorischen Kräfte, 1; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen, nach Verabredung. — **Ferrars**: Allgemeine Theorie und Praxis der Photographie, wissenschaftlich und künstlerisch, 2. — **N. N.**: Quantitative Analyse, 2; Seminar für anorganische Chemie, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Riesenfeld**: Anorganische Experimentalchemie, 5. — **Edinger**: Ausgewählte Kapitel der Fettchemie, 2. — **Fromm**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Übungen im Färben von Gespinstfasern, 2. — **Meigen**: Qualitative Analyse, einschließlich Spektral- und Mikroanalyse, 3, Übungen, 1; Gasanalytisches Praktikum, 2. — **Skita**: Organische Technologie mit Exkursionen, 2; Einführung in die Patentliteratur (organisch), 1. — **Madelung**: Grundzüge der Stereochemie, 1. —

**Heffter**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Zahlentheorie, 4; Zahlentheoretische und andere Fragen, 1 *g*. — **Loewy**: Algebraische Analysis, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Mathematik der sozialen Versicherung, 2. — **Stickelberger**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Funktionentheorie, 4, Übungen, 1. — **Bolza**: Theorie und Anwendung der Integralgleichungen, 4. — **Seith**: Praktische Geometrie, 2, Übungen im Felde, 2 *g*. — **Ansel**: Geographische Ortsbestimmung mit Übungen, 2; Theoretische Astronomie, 2. —

## Universität Gießen.

**König**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum, für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Vorgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1; Niedere Geodäsie, 3, Praktische Übungen, 1 Nachmittag; Übungen im Feldmessen und Nivellieren für Landwirte, 1 Nachmittag. — **Noack**: Physikalisches Handfertigkeits-Praktikum, 3, 6 oder 9. — **Uller**: Theorie und Gebrauch physikalischer Apparate (Fortsetzung), 1. — **Cermak**: Radioaktivität, 1; Elementarmathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1. — **Peppler**: Das Klima von Afrika, 1. — **Jentzsch**: Polarisation und Doppelbrechung, 2. —

**Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5, für Veterinärmediziner (mit Brand), 5; Übungen in Unterrichtsversuchen für Lehramtskandidaten (mit Brand), *g*; Pharmazeutisch-chemische und nahrungsmittelchemische Übungen (mit Feist), tägl.; Anorganische Experimentalchemie, 5—6. — **Brand**: Organische Farbstoffe, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, anorganischer Teil, 2; Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, ihre Verfälschungen und deren Erkennung, 1; Die wichtigsten Gesetze für Apotheker und Nahrungsmittelchemiker, 1. — **v. Liebig**: Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*; Chemie der Pflanzenstoffe: Aromatische Reihe, 1. — **Thomae**: Die Erzeugnisse der deutschen Kolonien und ihre warentechnische Beurteilung, 1; Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1; Pharmazeutische Geheimmittel und ihre Untersuchung, 1. —

**Engel**: Elementare Algebra, 4; Differentialgeometrie, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **Schlesinger**: Übungen und Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, 1; Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1; Potentialtheorie, 3; Mathematisches Seminar: Über das Problem der drei Körper, 1 *g*. — **Graßmann**: Synthetische Geometrie mit Übungen, 5; Seminar über analytische Mechanik, 14tägig, 1; Festigkeitslehre mit Übungen, 4. —

## Universität Göttingen.

**Riecke**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institut (mit Voigt, Simon, Rümelin, Madelung, Freedericksz, v. Traubenberg, Wilsar, Hertenstein, Grotrian), für Mathematiker und Physiker, 4, für Chemiker und Naturwissenschaftler, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend. — **Voigt**: Mechanik der Kontinua, 4; Kristalloptik, 2 *g*. — **Wiechert**: Geophysik: Meteorologie, Luftelektrizität, Ebbe und Flut, Meeresströmungen, 4; Vermessungswesen, praktischer Teil: Feldmessung, mit Übungen, 4; Geophysikalisches Praktikum (mit Angenheister), nach Verabredung; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über Fragen der Geonomie: Geodäsie und Geophysik, 1 *g*; Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Prandtl**: Einführung in die Thermodynamik, 3; Mechanikpraktikum I für Anfänger (mit Kumbruch und Pohlhausen), 3; Thermodynamikpraktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiet der Mechanik, einschließlich Aeromechanik und der Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der Hydrodynamik und Aerodynamik (mit Runge), 2 *g*. — **Simon**: Glüh- und lichtelektrische Erscheinungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum I, 3, II, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über ausgewählte Fragen der angewandten Elektrizität, 2 *g*. — **Bestelmeyer**: Kolloquium über physikalische Tagesfragen, 1. — **Born**: Elektronentheorie und Relativitätsprinzip, 3. — **Hertz**: Strahlungstheorie und Quantentheorie, 2. — **Reich**: Einführung in die Maxwellsche Theorie, 1. — **Rausch v. Traubenberg**: Elektrizität in Gasen, mit Demonstrationen, 1; Praktikum der Radioaktivität und Elektronik (mit Wilsar), 3. — **Madelung**: Übungen in der quantitativen Beurteilung

physikalischer Probleme, 2. — **Winkler**: Übungen in physikalisch-technischer Handfertigkeit: Feilen, Metalldrehen, Gewindeschneiden, Löten, Holzbearbeitung, Glasblasen, Herstellung einfacher Apparate usw., 4. —

**Wallach**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Mannich, Kötz, Borsche und Sielisch), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4 Nachmittage; Besprechung der wissenschaftlichen Arbeiten der Fortgeschrittenen, tägl. — **Tammann**: Elektrochemie, 2; Chemische Thermodynamik, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Zsigmondy**: Kolloidchemie, 1 *g*; Besprechung hervorragender Arbeiten auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen und Kolloidchemie, ganz- und halbtägig. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Prinzipien und Theorien analytischer und anorganischer Prozesse, 1; Vorträge über Fragen der organischen Chemie im chemischen Kolloquium, 1 *g*; Exkursionen zur Kenntnis der chemischen Großindustrie, *g*; Kapitel aus der chemischen Großindustrie mit Berücksichtigung des Exkursionsprogramms, 1 *g*. — **Mannich**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Die Auffindung der Gifte, 1; Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittelchemie, nur für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Coehn**: Photochemie mit Demonstrationen, 2; Photographisches Praktikum: a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Chemische Technologie organischer Verbindungen III, 2; Färbereichemische Übungen, 3; Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Sielisch**: Chemie der organischen Stickstoffverbindungen, 1; Chemische Besprechungen für Mediziner, im Anschluß an das chemische Praktikum, 2. — **Vogel**: Metallographie, 1. —

**Hilbert**: Differentialgleichungen, 4; Ausgewählte Kapitel der statistischen Mechanik, 2; Mathematisch-physikalisches Seminar über Fragen der statistischen Mechanik, 2 *g*. — **Runge**: Numerisches Rechnen, 4; Übungen zu graphischen Methoden, 2. — **Landau**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der endlichen Gruppen, 4. — **Hartmann**: Spektralanalyse der Gestirne, 1; Astronomisches Seminar, 2 *g*. — **Carathéodory**: Funktionen reeller Veränderlichen, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar über höhere Dynamik (mit Courant), 1 *g*. — **Ambronn**: Populäre Astronomie, 1 *g*; Sphärische Astronomie, 3; Anleitung zu astronomischen Übungen für Anfänger, 2 Vormittage; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Versicherungsrechnung, 2; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über ausgewählte Fragen der Mathematischen Statistik, 2 *g*. — **Angenheister**: Kosmische Physik, 1 *g*; Geophysik: Erdkörper, Erdbeben, 1. — **v. Sanden**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Technische Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Courant**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 2. — **Hecke**: Funktionentheorie komplexer Variabler, 4; Übungen zu Differentialgleichungen, 2. — **N. N.**: Algebra, 4. —

## Universität Graz.

**Benndorf**: Experimentalphysik II, 3; Physik IV: Geometrische Optik, für Vorgeschrittene, 2; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Physikalisches Konversatorium, 2 *g*. — **Waßmuth**: Elektromagnetische Lichttheorie, 5; Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Grundlinien der Elektrochemie, 2. — **Rosenberg**: Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3 *g*. — **v. Ficker**: Dynamik der Atmosphäre, 3; Physik der Gletscher, 1; Konversatorium, 1. —

**Scholl**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger (mit Skrabal), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Kremann**: Physikalische Chemie IV: Elektrochemie einschließlich der angewandten Elektrochemie, 3; Chemisches Rechnen, 2; Physikalisch-chemische und metallographische Übungen, nur für Vorgeschrittene, tägl. — **Skrabal**: Maßanalyse, 2; Chemie der Metalle, 3; Praktikum aus anorganischer und analytischer Chemie, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Organische Farbstoffe, 2; Chemische Experimentierübungen für Lehramtskandidaten, 2. — **Rich. Weitzenböck**: Chemie der aromatischen Verbindungen II, 2. —

**v. Dantscher**: Differentialrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Daublebsky**: Grundzüge der analytischen Geometrie (Fortsetzung), 2; Funktionentheorie, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie ebener Gebilde, 3. — **Roland Weitzenböck**: Variationsrechnung, 3 *g*. — **Hillebrand**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung, 3; Interpolationsrechnung und numerische Integration, 1; Einführung in die Theorie der Integralgleichungen (Fortsetzung), 1. —

## Technische Hochschule Graz.

**v. Ettingshausen**: Physik, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen: Praktische Messungen, 8; Elektrizitätslehre, 5. — **Streintz**: Physik, für Chemiker: Mechanik, Optik und Wärmelehre, 4; Der Bleiakkumulator, 1½. —

**Emich**: Allgemeine Experimentalchemie: Organische Chemie I, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, nach Verabredung. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse II, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen, 16; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe für Vorgeschrittene, nach Vereinbarung. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Gewichtsanalyse, 20; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Elektrochemie I: Theoretische Elektrochemie, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **v. Cordier**: Geschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart, 2. — **v. Hemmelmayr**: Agrikulturchemie, 2. — **Kremann**: Die Phasenlehre und ihre Anwendung auf technische Probleme, 2. — **Fuhrmann**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3, Übungen, 4. —

**Hocevar**: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Weitzenböck**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Sphärische Trigonometrie und deren Anwendungen, 2. — **v. Peithner**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 3, Repetitorium, 2, Übungen, 6, Seminarübungen: Unterseminar, 2, Oberseminar für Vorgeschrittene, 2; Projektive Geometrie II, 3, Übungen, 3; Geometrische Abbildungen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik II, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätische Feldübungen, 8; Sphärische Astronomie, 2; Katastervermessung, 3, Übungen, 16. —

## Universität Greifswald.

**Mie**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler,

6, Erläuterungen, 1 g; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 g. — **Starke**: Theoretische Physik I: Mechanik, 4; Übungen zur theoretischen Mechanik, 1 g; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Herweg**: Ausgewählte Kapitel aus der Spektroskopie, mit Demonstrationen, 1. —

**Dimroth**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum: a) anorganische Abteilung, ganz- und halbtägig, b) organische Abteilung (mit Posner), ganztägig (für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner 4, Erläuterungen, $^1/_2$ g. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie (organisch), 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Sterilisationskurse für Pharmazeuten, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 g. — **Roth**: Einführung in die rechnerische und mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme, 2; Maßanalyse, 1; Physikalisch-chemische Übungen, $3^1/_2$ oder $7^1/_2$; Das Gesetz von der Erhaltung der Energie, seine Geschichte und Anwendungen, 1 g. — **Posner**: Die Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2; Chemische Technologie I: Technologie der anorganischen Stoffe, 2; Technologische Exkursionen zur Besichtigung chemischer Fabriken, nach Verabredung, g. —

**Vahlen**: Analytische Mechanik II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 2; Mathematisches Seminar (mit Hausdorff und Thaer), 2 g. — **Hausdorff**: Elliptische Funktionen, 4; Integralgleichungen, 2. — **Thaer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 g; Graphische Statik, 2. —

## Universität Halle.

**Dorn**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Einführung in die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2 g; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Theorie der Wärme, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, ganztägig; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 g. — **Wigand**: Grundzüge der Aerophysik und Geophysik, 2; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Thiem**: Photographischer Kursus, 2. —

**Vorländer**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4; Chemische Kristallographie der Flüssigkeiten, mit Demonstrationen, 1 g. — **Erdmann**: Chemische Technologie II: Lichterzeugung und elektrische Energie, Technologie des Wassers, der Luft und der Gase, Kunstdünger, Mörtel, Tonerdeverbindungen, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel I, 4; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Übungen im Sterilisieren, für Pharmazeuten, g. — **Baumert**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 g. — **Tubandt**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 6. — **Bernstein**: Die Verbrennungskraftmaschinen: Motoren für Gas, Benzin usw., 1 g, Demonstrationen, nach Verabredung. — **Beschke**: Spezielle Kapitel der organischen Chemie, 1 g. —

**Wangerin**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 5; Differentialgleichungen, 4; Übungen des Mathematischen Seminars, 14tägig, 2 g. — **Gutzmer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Höhere Algebra, 4; Übungen des Mathematischen Seminars, 14tägig, 2 g. — **Eberhard**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 g. — **Buchholz**: Grundlagen der theoretischen Astronomie, 4; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung, 2 g. — **Pfeiffer**: Einführung in die Geodäsie, 4, Übungen, 4 g. —

## Technische Hochschule Hannover.

**Precht**: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4; Luftschiffahrt, 2. — **Leithäuser**: Photographie, 2, Übungen, 2; Elektrische Wellen und drahtlose Telegraphie, 2 g. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Brückmann, Ilmer und Elflein), 8, II, nach Verabredung, III für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen (mit Schellbach) II: Zentralanlagen, 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Schellbach), 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen: Elektrotechnischer Teil, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 1, 2, II, 1; Elektrizitätszähler, 1 g. — **Brückmann**: Gleichrichter zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom, 1 g; Elektrotechnisches Seminar, 1; Einanker- und Kaskadenumformer, 1. — **Humann**: Elektrische Kabel, 2. —

**Seubert**: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Seybold und Sauermilch), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Grundzüge der organischen Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Ingebrigtsen und Nottbohm), tägl. außer Sonnabend. — **Ost**: Zuckerindustrie und Gärungsgewerbe, 3; Mineralöle und Fette, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Oertel), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Angewandte Elektrochemie, 3; Elektrochemische Übungen (mit Braune), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Braune), tägl.; Übungen in der Elektroanalyse (mit Braune), 7. — **Jänecke**: Anwendung der physikalischen Chemie, insbesondere der Phasenlehre auf die Metallurgie und Hüttenkunde, 1. — **Bergius**: Anwendung der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise auf einzelne Zweige der chemischen Industrie, 1. — **Laves**: Grundzüge der physiologischen Chemie, 2. —

**Kiepert**: Höhere Mathematik II (mit Prange), 6, Übungen, 2, Repetition, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Geometrie der Lage, 4. — **Müller**: Höhere Mathematik (mit Prange) IA, 6, Übungen, 2, IIIA, 3, Übungen, 1; Einführung in die Theorie der Funktionen komplexer Veränderlicher: Konforme Abbildung, 2. — **Rothe**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Grundzüge der Maxwellschen Elektrizitätstheorie mit einer Einführung in die Vektoranalysis, 3. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Morin), 3, Übungen, 6, I, 3, Übungen, 6. — **Oertel**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. — **Pröll**: Mechanik I: Grundzüge der Mechanik, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Technischen Mechanik, 1; Aeromechanik in ihrer Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge, 1, Übung, 1. —

## Universität Heidelberg.

**Lenard**: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen und radiologischen Laboratorium (mit Becker und Ramsauer), tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 g. — **Becker**: Theoretische Optik, 4; Quantentheorie, 1; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 g. —

**Ramsauer**: Die magnetischen Erscheinungen des Raumes und des Atoms, mit Demonstrationen, 1. —

**Curtius**: Experimentalchemie I: Allgemeine Chemie und Metalloide, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Knoevenagel, Trautz, Stollé, Ebler, Muckermann und Müller), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner (mit Knoevenagel), 4. — **Jannasch**: Titrieranalyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Ebler), 4; Chemisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel (mit v. Mayer), 5. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie, organische Prozesse, mit Ausflügen, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei, 4—6 Wochen. — **Trautz**: Physikalische Chemie II: Photochemie, chemische Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 3; Photochemie II: Theoretische Grundlagen aus der Strahlungstheorie, 2; Einführung in das physikalisch-chemische Praktikum, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 2; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, tägl. außer Sonnabend. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Mohr**: Besprechung neuerer organisch-chemischer Arbeiten, 1. — **Ebler**: Spektralanalyse und Kolorimetrie, 1; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, 1; Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1, Praktische Übungen, 2. — **Muckermann**: Über neuere Arzneimittel, 1; Repetitorium der Chemie für Pharmazeuten, 2. — **Müller**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

**Stäckel**: Differential- und Integralrechnung II, 3; Höhere Algebra, 3, Übungen, 1; Oberseminar (mit Perron), 2. — **Wolf**: Elemente der Astronomie (Fortsetzung), 2 *g*. — **Perron**: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1; Allgemeine Theorie der analytischen Funktionen, 4. — **Koenigsberger**: Differentialgleichungen der Dynamik, 2 *g*. — **Koehler**: Einführung in die Liniengeometrie, 2. — **Kopff**: Sphärische Astronomie, 2. — **Bopp**: Bestimmte Integrale, 2. — **Mertens**: Einführung in die Maschinen- und Elektrotechnik für Juristen und Nationalökonomen, mit Exkursionen, 1 2 *g*. —

## Universität Innsbruck.

**v. Schweidler**: Experimentalphysik II, 5; Atmosphärische Elektrizität, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Mediziner, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theorie der Wärme, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Ausgewählte Kapitel aus der Thermodynamik, 2; Farbenlehre und Farbenphotographie, 1. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Über Gleichstrommaschinen und Motoren, 2 *g*. — **Exner**: Klimalehre mit besonderer Rücksicht auf die Alpenländer, 3; Luftelektrizität und Gewitter, 2. —

**Brunner**: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig; Chemische Übungen für Mediziner, 6; Mikroelementaranalyse nach Pregl, für Vorgeschrittene, 1 *g*. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, 2 *g*. —

**Gmeiner**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Zahlentheorie und Algebra, 5; Seminar I, 1 *g*, II, 1 *g*. — **Menger**: Darstellende Geometrie (Fortsetzung), 2 *g*. — **Prey**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Astronomische Spektralanalyse, 2. —

## Universität Jena.

**Wien**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker), für Physiker, 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 4, für Mediziner, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel, Baedeker und Pauli), tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Auerbach**: Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper, 4; Der physikalische Schulunterricht, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 2. — **Straubel**: Theorie der sekundären Abbildung II, 1. — **Baedeker**: Experimentalphysik III (für Fortgeschrittene): Mechanik, Schwingungslehre, Wärme, 2; Kinetische Gastheorie und Theorie der Quanten, 1; Praktikum für Fortgeschrittene, 4. — **Vollmer**: Elektromagnetische Schwingungen und ihre Anwendung in der drahtlosen Telegraphie, 2; Praktikum über drahtlose Telegraphie, 2; Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Anwendung der Technik in der Landwirtschaft: Überlandzentralen, mit Ausflügen, 1. — **Pauli**: Über Messungen bei tiefen Temperaturen, 1. —

**Knorr**: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu chemischen Spezialuntersuchungen (mit Schlenk und Schneider), 40 — **Wolff**: Maßanalyse, $1^1/_2$; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie (Experimentalchemie), 5; Chemisches Praktikum für Landwirte: a) kleines, 7, b) großes, tägl.; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14 tägig, 2. — **Vongerichten**: Chemische Technologie mit Exkursionen, anorganischer Teil, 2; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Chemischer Kursus für Nationalökonomen, 4. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Darstellung und Untersuchung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 15; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Theoretische und praktische Übungen in der Sterilisierung der Arzneimittel und Verbandstoffe, 3. — **Marc**: Grundlagen der physikalischen Chemie II: Elektrochemie, 2; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete, ganz- und halbtägig; Chemisches und physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schlenk und Schneider). — **Schlenk**: Chemie der karbozyklischen Verbindungen mit Ausnahme der hydroaromatischen, *g*. —

**Haußner**: Analytische Geometrie der Ebene mit Einführung in die Theorie der Determinanten, 5, im Anschluß: Proseminar, 2; Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Projektive Geometrie, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **N.N.**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 2. — **Thomae**: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, 4. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Praktische Übungen in der Geländeaufnahme: Nivellieren, Feldmessen usw., 2; Geschichte der Astronomie, 1. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Übungen zur Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, nur für Fortgeschrittene, 1; Kolloquium über wissenschaftliche Mikroskopie, *g*. — **Winkelmann**: Technische Mechanik II: Festigkeitslehre und Hydraulik, mit Übungen, 3; Theorie und Praxis der Reihen, insbesondere Kugel- und Zylinderfunktionen, mit Übungen, 3. —

## Technische Hochschule Karlsruhe.

**Lehmann**: Physik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6;

Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Atmosphärische Elektrizität, 1; Wissenschaftliche Grundlagen der Luftschiffahrt, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. — **Richter**: Dynamobau II, 4; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium für Vorgeschrittene, einschließlich Hochfrequenzmessungen und drahtlose Telegraphie (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungserscheinungen, 1; Übungen zu diesen vier Vorlesungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Elektrische Beleuchtung, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, ausgewählte Kapitel, 1; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **N. N.**: Theorie der Wechselströme I, 2, Übungen, 2, II, einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 2, Übungen, 2. — **Hausrath**: Instrumente- und Apparatebau, 2; Theoretische Telegraphie und Hochfrequenzmessungen, 1. —

**Engler**: Organische Chemie I, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie und ihrer Anwendungen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium, für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs, mit einleitenden Vorträgen (durch Schlumberger). — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 3 und 4, für Vorgerücktere, tägl.; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie I, 2. — **Dieckhoff**: Anorganisch-pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen, 3; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung II, 1, Übungen, 4. — **Fajans**: Phasenlehre und ihre metallographischen Anwendungen, mit Demonstrationen, 2. — **N. N.**: Chemie der flüssigen und komprimierten Gase, 1. — **Kast**: Moderne Spreng- und Treibmittel, 2. — **Koenig**: Chemie der Metalle, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe II: Die Chemie der künstlichen und natürlichen Farbstoffe, 2; Übungen in Färberei und Druckerei, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Technologie unter Berücksichtigung der neuesten Patentschriften, 1. — **Steinkopf**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen II, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1. —

**Disteli**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Konstruktive Übungen der Perspektive, 3. — **Fueter**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4; Höhere Mathematik II, 2. — **Heun**: Mechanik II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3, Übungen, 1. — **Noether**: Hydromechanik, einschließlich Anwendungen, 3. — **N. N.**: Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Bürgin**: Katastervermessung I, 2, Übungen, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. —

## Universität Kiel.

**Dieterici**: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 2, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 3, für Fortgeschrittene, tägl. — **Weber**: Thermodynamik, 4; Theorie physikalischer Meßapparate, mit anschließenden Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Zahn**: Strahlungstheorie und ihre Anwendungen, 2. — **Martienssen**: Elastizitätslehre, 1. — **Schmidt**: Wellenlehre des Lichts, experimentell mit theoretischen Zusätzen, 1. —

**Harries**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum I, anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Feist, Mumm, Preuner und Stark), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Berend**: Kolloquium der organischen Chemie, 1 *g*; Repetitorium der organischen Chemie, $^3/_4$. — **Feist**: Anorganisch-chemische Großindustrie, 1; Moderne Eisengroßindustrie, 1; Kurze Übersicht über anorganische und organische Chemie, 1. — **Stoehr**: Über heterozyklische Verbindungen, 1. — **Preuner**: Einführung in die Elektrochemie, 2. — **Mumm**: Analytische Chemie, 2. — **Stark**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Theoretisches Kapitel aus der organischen Chemie, 1. —

**Pochhammer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variablen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Allgemeine Störungen kleiner Planeten nach Hansens Methode, 3; Geographische Ortsbestimmungen ohne astronomische Instrumente, 1 *g*. — **Jung**: Zahlentheorie, 4; Algebraische Raumkurven und Flächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Einleitung in die höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 1 Nachmittag *g*. — **Toeplitz**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Integralgleichungen, 3. — **Wilkens**: Die Bewegungstheorien des Erdmondes, 1. — **Neuendorff**: Darstellende Geometrie mit Zeichenübungen, 5; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik, 1 *g*. —

## Bergakademie Klausthal.

**Valentiner**: Physik II, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **Wallot**: Physikalische Grundlagen der Wärmetechnik, 2; Ausgleichungsrechnung, 2. — **Süchting**: Elektrotechnik II, 6; Maschinenelemente, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 2. —

**Biltz**: Allgemeine Chemie II: Metalle, 4; Ausgewählte Kapitel der (angewandten) physikalischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative chemische Analyse: Gewichts- und Maßanalyse, Praktikum, tägl.; Lötrohrproblieren II, 3. — **Mecklenburg**: Gasanalyse mit Übungen, 3; Kolloquium über anorganische Chemie, 2. —

**Mohrmann**: Höhere Mathematik und Mechanik II, 6; Darstellende Geometrie II, 4. —

## Universität Königsberg.

**Kaufmann**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Elektrische Wechselströme und Schwingungen, mit Übungen, 2; Physikalische Übungen, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Volkmann**: Einführung in das Studium der theoretischen Physik, 4, Übungen und Ergänzungen, unter besonderer Berücksichtigung der Methodik wissenschaftlichen Zahlenrechnens, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig. — **Hoffmann**: Einführung in die Physik I: Mechanik und Wärme, 2; Radioaktivität, 1; Anleitung zu radiologischen Messungen, *g*. —

**Klinger**: Organische Chemie, auch für Anfänger, 4; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 2 Nachmittage; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Blochmann und Eisenlohr), 1 *g*. — **Stutzer**: Chemie für Landwirte, 3; Agrikulturchemie: Ernährung der Pflanzen, 2; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Goy), tägl. außer Sonnabend; Landwirtschaftliche Exkursionen, 1 Tag *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 3; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1 *g*. — **Blochmann**: Technische Gasanalyse mit Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der quantitativen Analyse, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Elektrochemie, 2; Die physikalischen Hilfsmethoden der organischen Chemie, 1 *g*. — **Sonn**: Chemie der Benzolderivate, 2. —

**Meyer**: Invariantentheorie, 4; Differentialrechnung, mit Übungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*; Mathematische Gesellschaft (mit Boehm), 1 *g*. — **Battermann**: Theorie der astronomischen Instrumente, für Vorgerückte, 2, Übungen, 2 Abende *g*. — **Boehm**: Analytische Geometrie I, mit Übungen, 4; Elliptische Funktionen, 2; Übungen zur Theorie der Funktionen, besonders der elliptischen, 1 *g*; Hauptsätze aus der Theorie der Funktionen einer komplexen Variablen, 1 *g*. — **Kaluza**: Angewandte Mathematik III: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Determinanten, 2. —

## Universität Leipzig.

**Wiener**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl), tägl.; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder 9, für Mediziner und Pharmazeuten (mit Scholl), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik: Wellen, Diffusion, Potential, 4, Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **Bjerknes**: Dynamik idealer Flüssigkeiten mit Anwendung auf Luft und Meeresbewegungen, 2; Geophysikalisches Praktikum (mit Wenger), 6; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, für Vorgeschrittene (mit Wenger), tägl.; Geophysikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **v. Oettingen**: Das duale Harmoniesystem und die Theorie der reinen Stimmung, 2 *g*. — **Fischer**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, für Mediziner und Naturwissenschaftler, insbesondere Chemiker, 3; Allgemeine Gelenklehre, 1. — **Scholl**: Technische Kraftquellen: Wasserkräfte und Wasserkraftmaschinen, Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Gas- und Benzinmotoren, Dieselmaschinen usw., 2. — **Marx**: Physik der Röntgenstrahlen, 1. — **Fredenhagen**: Einführung in die Elektrotechnik, mit Exkursionen, 2. — **Haas**: Die Prinzipe der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung, 2; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, nach Verabredung, *g*. — **Jaffé**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren theoretischen Optik, 1. — **Lilienfeld**: Röntgenröhren und Hochspannungserzeuger für ihren Betrieb vom physikalischen Standpunkt betrachtet, 1 *g*. — **Wenger**: Übungen in meteorologischer Instrumentenkunde, 1 Nachmittag. — **Donner**: Handfertigkeitsunterricht, 3. —

**Hantzsch**: Anorganische Experimentalchemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), tägl.; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), 6 *g*; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum mit Sterilisierkurs (mit Schaefer), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6; Organisch-chemisches Vollpraktikum (mit Reddelien), tägl.; Chemisches Praktikum für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, mit Demonstrationen unter Berücksichtigung der Technik, 3; Chemisches Praktikum: Analytische und präparative anorganische und organische Arbeiten (mit Volmer), tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, für Fortgeschrittene (mit Böttger), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Weigert), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall), 4 und 8; Photochemische Übungen: Spektralanalyse, Photographie, Photometrie, Mikroskopie (nach Auswahl) (mit Weigert), 4; Übungen in Elektroanalyse mit besonderer Berücksichtigung der Schnellmethoden (mit Böttger), 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schall, Böttger, Weigert und Volmer), $1^1/_2$ *g*. — **Paal**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, analytisch, anorganisch und organisch (mit Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deussen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Deussen und Scheiber), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6, für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl.; Übungen im Sterilisieren (für Pharmazeuten mit Deussen), nach Verabredung, *g*. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die aromatischen Verbindungen, 2. — **Wagner**: Übersicht über die anorganischen Verbindungen, 1; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl.; Didaktische Besprechungen: Kennzeichnung der Stoffe, 1 *g*; Technik der Experimentalchemie und Demonstration von Schulversuchen, 1 *g*. — **Rassow**: Praktischer Kurs der Gasanalyse, 1; Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe, sowie ausgewählte anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technologisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Der Zellstoff und seine Anwendung: Papier, Kunstseide, Zelluloid, rauchloses Pulver, 1 *g*. — **Weigert**: Einführung in die Photochemie, 1; Optische Demonstrationen, 1. — **Schall**: Elektrolytische Reaktionen bei Ausschluß des Wassers, 1. — **Böttger**: Elektroanalyse, 1 *g*. — **Heller**: Allgemeine und technische Chemie, anorganischer Teil, 2. — **Deussen**: Übungen in der chemischen und mikroskopischen Analyse des Harns, für Fortgeschrittene, 3. — **Scheiber**: Synthese und Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen, 2; Chemisches Seminar (mit Sieverts und Waentig), 2 *g*; Praktikum für Harn-, Blut- und Milchuntersuchung für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner (mit Waentig), 4. — **Sieverts**: Übungen in technischer Gasanalyse, 1. — **Ostwald**: Einführung in die Kolloidchemie, 1. — **Schaefer**: Analytische Chemie unter Berücksichtigung ihrer theoretischen Grundlagen, mit Demonstrationen, 2. — **Reddelien**: Die neueren Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Volmer**: Die Chemie der extremen Temperaturen, 1; Besprechung chemischer Grundfragen, mit Vorträgen und Demonstrationen, 1 *g*. —

**Hölder**: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Variationsrechnung, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in Funktionentheorie, 1 *g*. — **Bruns**: Kollektivmaßlehre, 4; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, *g*. — **Rohn**: Algebraische Kurven, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2. — **Herglotz**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Analysis (zur Einführung in die Differential- und Integralrechnung), 2; Mathematisches Seminar: Einführung in moderne funktionentheoretische Literatur: Konforme Abbildung und Uniformisierung (mit Koebe), 14tägig, 2 *g*. — **Koebe**: Zahlentheorie, 2; Differentialgleichungen mit Übungen, 4. —

## Universität Marburg.

**Richarz**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik, Analytische Mechanik, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Hydrodynamik und Akustik, 2. — **Wegener**: Physik der Atmosphäre I: Thermodynamik und Mechanik, 2. — **Take**: Über die neueren elektrischen Strahlungserscheinungen: Kathoden-, Anoden-, Kanal-, Röntgen- und Becquerelstrahlen, 1; Physikalische Technologie, mit Demonstrationen und Exkursionen, $1^1/_2$. —

**v. Auwers**: Anorganische Experimentalchemie für Chemiker und Mediziner, 6; Chemisches Kolloquium (mit Fries), 2 *g*; Chemisches Praktikum (mit Fries), ganz- und halbtägig, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, ganz- und halbtägig (mit Strecker), tägl. außer Sonnabend; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker), theoretische Einführung mit Demonstrationen, $^1/_2$, Praktikum, $3^1/_2$. — **Schmidt**: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), im Anschluß: Qualitative Analyse. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie: Chemie der aliphatischen Verbindungen, 3; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Organische Chemie, 1. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 1. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Keller**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 2; Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Flade**: Chemische Technologie II: Kraft-, Wärme-, Lichterzeugung, mit Exkursionen, 2. —

**Hensel**: Elementare Algebra, 4; Theorie und Anwendung der Determinanten, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Funktionentheorie, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I, 5; Darstellende Geometrie mit Übungen, 4. — **Hellinger**: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 6; Variationsrechnung, 2. —

## Universität München.

**Röntgen**: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Mechanik der Kontinua: Hydrodynamik, Akustik, Elastizität, 4; Übungen zur Hydrodynamik, 2 *g*; Besprechungen zur Quantentheorie, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Einleitung in die theoretische Physik II, 3; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, tägl. *g*. — **Koch**: Neuere Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der experimentellen Optik, mit Demonstrationen, 1. — **Donle**: Einführung in die theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Wagner**: Experimentalphysik für Zahnärzte, 4; Über Röntgenstrahlen, mit Experimenten, 1. — **Bidlingmaier**: Physikalische Erdbebenkunde, 2. —

**v. Baeyer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino, Prandtl in der unorganischen, mit Piloty, Vanino, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty), ganz- oder halbtägig. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie II, mit Exkursionen, $1^1/_2$; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, $2^1/_4$; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektro-chemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (die pharmazeutisch-chemischen Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend; Übungen für praktische Apotheker (mit Heiduschka), nach Verabredung. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: 1. bis 4. Gruppe des periodischen Systems, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Wieland**: Spezielle organische Chemie, Benzolderivate, 3. — **Dieckmann**: Stereochemie, 1 *g*. — **Heiduschka**: Neuere Arzneimittel, 1; Gerichtliche Chemie II, 2; Chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln, 1; Grundzüge der Chemie für Zahnärzte, $3^3/_4$. — **Pummerer**: Faserstoffe und Färberei, 1; Färbereipraktikum, 3. — **Meyer**: Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 1. — **Kalb**: Photochemie und Photographie, 1. —

**Lindemann**: Integralrechnung, 5; Theorie der algebraischen Formen: Invarianten, 4; Über das Problem der Quadratur des Kreises, 2; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **v. Seeliger**: Mechanik des Himmels II, 4; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte (mit Großmann), nach Verabredung. — **Voß**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Einführung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar: Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Pringsheim**: Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3. — **Brunn**: Geometrische Morphologie, 3. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 3. — **Böhm**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Elementare Theorie der Lebensversicherungstechnik, 3, Übungen, 1; Vorträge und Referate über mathematisch-statistische Fragen für Fortgeschrittene, 2. — **Dingler**: Einführung in die höhere Mathematik, unter besonderer Berücksichtigung der philosophisch wichtigen Teile, 3; Übungen zur analytischen Geometrie der Ebene, 2. — **Rosenthal**: Synthetische Geometrie II, 4, Übungen, 1; Seminar: Übungen aus höherer Analysis, mit Anwendungen, 2 *g*. —

## Technische Hochschule München.

**Zenneck**: Experimentalphysik II: Elektrische Strömung, veränderliches elektromagnetisches Feld, Elektrooptik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, nach Verabredung. — **Fischer**: Grundzüge der Physik II: Strahlung, Optik, Elektrizität und Magnetismus, 3; Apparate und Methoden

des physikalischen Unterrichts an Mittelschulen II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 3; Physikalische Übungen im Aufbau und in der Handhabung von Apparaten, 4; Elemente der theoretischen Physik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Knoblauch**: Technische Meßmethoden, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Flugzeuge, 3. — **Dieckmann**: Die Meßtechnik der drahtlosen Telegraphie II, 2; Meßpraktikum für drahtlose Telegraphie II, 4; Bildfernübertragung, 1. — **von und zu Aufseß**: Physikalische Seenkunde, 2. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrische Meßtechnik I, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4 und 2. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen III: Transformatoren und Asynchronmotoren, 4; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Entwerfen von Wechselstrom-Kommutatormotoren, 4; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 4 und 2. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen Ic: Elektrische Lichtbetriebe, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2; Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Übung, 3. —

**N. N.**: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im unorganischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen I, 2. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie III, 2, IV, 2; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisches Praktikum, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 30; Grundzüge der organischen Chemie und Einführung in die Technologie und Warenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Gärungsgewerbe, 4. —

**Burkhardt**: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Anwendungen der elliptischen Funktionen auf Probleme der Mechanik, 2, Übungen, 1; Mathematisches Seminar: Kolloquium (mit v. Dyck, Finsterwalder und Liebmann), 2. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik II, 4, Übungen, 2; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung, 4, Übungen, 1. — **Liebmann**: Einleitung in die analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1. — **Finsterwalder**: Photogrammetrie, 2, Übungen, 1; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lagally**: Determinanten, Theorie und Anwendungen, 2. — **Deimler**: Messende Beobachtungen auf Forschungsreisen, 2. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum, 4 und 8; Hauptvermessungsübungen, 2 Wochen; Katastertechnik II, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **Großmann**: Einführung in die Astronomie, 2. — **Föppl**: Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2; Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3, Übungen, 2. —

## Universität Münster.

**Schmidt**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Einführung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate, 3. —

**Salkowski**: Organische Chemie I, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Chemisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Ley), tägl. außer Sonnabend. — **Kaßner**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Brennstoffe und deren Ausnützung, 1; Über Gifte und deren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, Gasanalyse, Anleitung zur Bearbeitung selbständiger wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, tägl. außer Sonnabend. — **Ley**: Physikalische Chemie: Thermochemie und Elektrochemie, 2, Übungen, 1 *g*. — **König**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten und Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Chemie, für Fortgeschrittene (mit Bömer), tägl. — **Bömer**: Analytische Chemie: Metalloide, 1; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*. —

**v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen zur Differentialrechnung, 1; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*; Algebra mit geometrischen Anwendungen, 4. — **Killing**: Grundlagen der Geometrie, 4; Analytische Geometrie I, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **Timpe**: Synthetische Geometrie, 3; Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 2 *g*; Geodätisches Praktikum (mit Schewior), 3; Geodätische Exkursionen (mit Schewior), 2—3 Wochen, 1 Nachmittag *g*; Flugtechnische Aerodynamik, 1. — **Schewior**: Praxis der Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie, 1. — **Plaßmann**: Das Sonnensystem, 2 *g*; Zeit- und Ortsbestimmung, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*. —

## Akademie Posen.

**Spies**: Dynamomaschinen und Motoren, 2; Über elektrische Messungen, 1; Physikalisches Kolloquium, 1; Praktische Übungen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, nach Verabredung. —

**Wörner**: Grundzüge der organischen Chemie, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 2, für Fortgeschrittene, 2; Arbeiten auf analytischem, Nahrungsmittel- oder physiologisch-chemischem Gebiete, tägl. —

**Kummerow**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Geometrie, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung II, 1. — **Könnemann**: Physik der Erde, ausgewählte Kapitel, 1. — **Paur**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Mechanik, 1, Übungen, 1. —

## Universität Prag.

**Lampa**: Experimentalphysik II: Physikalische Demonstrationen für Mediziner, 5; Wechselstrom, 2; Physikalisches Praktikum II (Fortsetzung), 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Frank**: Das Relativitätsprinzip, seine Grundlagen und Anwendungen, 4; Atomistik, 1; Seminar für theoretische Physik, Unterstufe: Übungen in der Lösung optischer Aufgaben, 1 *g*, Oberstufe: Statistische Mechanik, 2 *g*. — **Spitaler**: Meteorologische Instrumente, Beobachtung und Berechnung, 2, Praktikum, 1; Wetterprognose, 2. —

**Meyer**: Organische Chemie, für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Rothmund**: Physikalische Chemie II, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, nur für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Kirpal**: Chemische Großindustrie, mit Exkursionen, 3. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie für Mediziner, 3. — **Wagner**: Die Struktur der Materie, 1. — **Morgenstern**: Ausgewählte Kapitel der Chemie: Valenztheorie, Konstitution und optisches Verhalten, 2. — **Herzog**: Biochemische Analyse, 2. — **Sigmund**: Biochemie der Fette und Eiweißkörper, 1. —

**Pick**: Elemente der Infinitesimalrechnung (Fortsetzung), 4, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Kowalewski**: Einführung in die höhere Algebra, 3; Theorie der Transformationsgruppen, 2; Lektüre und Besprechung ausgewählter Abhandlungen von E. Study, 1. — **Blaschke**: Bestimmte Integrale, 2. — **Scheller**: Über Refraktion und Extinktion, 1. —

## Technische Hochschule Prag.

**Tuma**: Physik: Elektrostatik, Stationäre Elektrizitätsströmungen, Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes, Magnetische Induktion, 5, für Kulturingenieure, 3; Thermodynamik, 3; Physikalisches Praktikum, 6. — **Pichl**: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 3, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 2. —

**Hönigschmid**: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie (anorganisch, quantitativ), 2; Übungen im anorganisch-chemischen und analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, tägl. außer Sonnabend. — **N. N.**: Organische Chemie, 5; Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie II: Thermochemie, 2; Elektrochemische Prozesse der Industrie, 3, Übungen, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe II, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, $6^1/_2$; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxydes, 1. — **v. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3, Übungen, 8; Gasanalyse mit praktischen Übungen, 1; Gerichtlich-chemische Untersuchungen, mit Demonstrationen, 1. — **Außerwinkler**: Photographie, 1, Übungen, 4. — **Herzog**: Technische Mykologie, 6; Biochemische Analyse, 2; Agrikulturchemie, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Siegmund**: Biochemie der Fette und Eiweißkörper, 1; Chemie der Düngemittel, 1. —

**Carda**: Mathematik I, 4, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Mathematik für Handelsschullehrer, 3. — **Blaschke**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 3, IIa, 1, IIb, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, Konstruktive Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 3, Übungen, 4. — **Grünwald**: Besondere Beziehungen zwischen Strahlengebilden des Raumes und ebenen Punktsystemen, 2. — **Pöschl**: Allgemeine Mechanik, 4, Repetitorium, 1, Graphische Übungen, 2; Hydromechanik, 2; Besondere technische Probleme der höheren Dynamik, 3. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, Übungen, 4; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Adamczik**: Praktische Geometrie II: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 6; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen I, 2, II, 2. —

## Universität Rostock.

**Heydweiller**: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler (mit Weber), zugleich Handfertigkeitsunterricht, 2 oder 3 Nachmittage, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 1 Nachmittag; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Analytische Mechanik, 3; Hydrodynamik und Kapillarität, 2; Kinetische Gastheorie, 1; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. —

**Michaelis**: Anorganische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines chemisches Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4. — **Stoermer**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 4; Maßanalyse, 1; Chemie der Riechstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Terpen- und Kampferchemie, 1. — **Honcamp**: Agrikulturchemie II, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Elektrochemie, 3; Kleines elektrochemisches Praktikum, 4; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3—4; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl.; Aerologische Übungen, 4. — **Kunckell**: Examinatorium der Chemie mit Gesetzeskunde, für Pharmazeuten, $4^1/_2$; Untersuchung der Arzneimittel, 1. —

**Staude**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

## Universität Straßburg.

**Braun**: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g.* — **Cohn**: Elektrizitätslehre, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Einführung in die Elektrotechnik, 2. — **Papalexi**: Die physikalischen Vorgänge bei der Lichtemission: Zeemanphänomen und verwandte Erscheinungen, mit Demonstrationen, 1. — **Hecker**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik des Erdkörpers, 1 *g.* —

**Thiele**: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g.* — **Rose**: Chemische Technologie der leichten Metalle und ihrer Salze, 3; Die Mineralfarben, 1 *g.* — **Wedekind**: Physikalische Chemie, 3; Analytische Chemie II: Anionen und Maßanalyse, 2; Gasanalytische Übungen, $2^1/_2$; Physikochemisches und elektrochemisches Praktikum, 4; Kolloquium über Fortschritte der anorganischen und physikalischen Chemie, 14tägig, 1 *g.* — **Straus**: Benzolderivate I, 3. — **Ruggli**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **Kreutz**: Chemie und Technologie des Weines, Schaumweines und des Tabaks, mit Exkursionen, 1. — **Oesterle**: Pharmazeutische Chemie und chemische Toxikologie I, 5; Arbeiten im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Mikroskopische Übungen mit Rücksicht auf Drogen, 3; Pharmakochemisches Kolloquium, *g.* — **N.N.**: Physikalische und chemische Prüfungsmethoden des Deutschen Arzneibuchs, 1. —

**Faber**: Integralrechnung II, 4; Zahlentheorie, 2;

Mathematisches Seminar: Die Verteilung der Primzahlen, 2 *g*. — **Schur**: Theoretische Mechanik, 4; Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 2; Seminar: Geometrische Übungen, $1^1/_2$. — **Simon**: Geschichte der Mathematik im Mittelalter, 2. — **Wellstein**: Elliptische und hyperelliptische Funktionen, 4. — **v. Mises**: Technische Mechanik II: Hydraulik und flugtechnische Aeromechanik, 3; Integralgleichungen und ihre Anwendung, 4; Seminaristische Übungen in angewandter Mathematik: Technische Mechanik, $1^1/_2$ *g*. — **Epstein**: Variationsrechnung, 2. — **Speiser**: Mengenlehre, 2; Die Gleichungen fünften Grades, mit Übungen, 1. — **Bauschinger**: Stellarastronomie, 2; Einrichtung und Gebrauch kleiner Schulsternwarten, 2; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte für Fortgeschrittene, nach Verabredung. — **Wirtz**: Mathematische Geographie, 1. —

## Technische Hochschule Stuttgart.

**v. Koch**: Experimentalphysik: Elektromagnetismus, Induktion, Akustik, Optik, Elektrooptik, 4; Theoretische Physik mit mathematischen Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Übungen im physikalischen Institut (mit Maier) a) Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, für Fortgeschrittene, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie (ausgewählte Kapitel), 1. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: Konstruktionen und Anlagen, 1, Übungen, 1; Elektrotechnische Konstruktionselemente, 1, Übungen, 6; Dynamobau I, Seminar, 1, Übungen, 6, II, 2; Elektrische Apparate, 1; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, Übungen, 8; Projektieren elektrischer Anlagen, 1, Übungen, 4. — **Emde**: Gleichstromtechnik I, 3, Übungen (mit Spielrein), 8, II, 2, Übungen (mit Spielrein), 4. — **Herrmann**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden I, 1, Übungen (mit Braun), 8, II, 1, Übungen (mit Braun), 4; Schwachstromtechnik II, 2, Übungen (mit Braun), 4. —

**v. Hell**: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt und Bauer). — **Gutbier**: Physikalische Chemie, 2; Technische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Sauer), tägl. außer Sonnabend; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Photographie, 1 *g*. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie (organisch), 2; Toxikologie, 1; Organisch-chemische Technologie, 2; Übungen in der organischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Kauffmann**: Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2; Chemische Tagesfragen aus Wissenschaft und Technik, 1, mit Exkursionen. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Bauer**: Pharmazeutisch-chemische Arbeitsmethoden, 2. —

**Kutta**: Höhere Mathematik I, mit Übungen, 8, III, mit Übungen, 3; Mathematisches Seminar, 2. — **Mehmke**: Mathematisches Seminar, 1; Darstellende Geometrie (mit Stübler) I, 3, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 2; Punktrechnung (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Variationsrechnung, 1 *g*. — **Stübler**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2; Synthetische Geometrie, 3. — **Haller**: Trigonometrische Übungen, 2. — **Kommerell**: Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus, 2. — **Roth**: Perspektive, 2. — **v. Weyrauch**: Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2; Aerostatik und Aerodynamik, 2. — **A. Baumann**: Flugmaschinen und ihre konstruktiven Einzelheiten, 2; Ausführliche Behandlung wichtiger Fragen des Kraftfahrzeugbaus, 2; Motoren für Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik: Dynamik, Hydraulik, 6, Übungen, 6 und 2. — **v. Hammer**: Praktische Geometrie II: Vermessungskunde, 5, Messungsübungen, 12; Ausarbeitung der Messungen zur praktischen Geometrie, 2; Geodätische Schlußübungen für Bauingenieure, 4; Geodätische Übungen (mit Heer), 5, für Lehramtskandidaten, 3; Übungen zur höheren Geodäsie, 2. —

## Universität Tübingen.

**Paschen**: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Meyer**: Theorie des Lichtes, 3; Übungen im Seminar, 1; Physikalische Grundlagen der Meteorologie, 1. —

**Wislicenus**: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Bülow, Weinland, Kliegl und Magnus), Voll- und Halbpraktikum, tägl., Abgekürztes chemisches Praktikum, 3 halbe Tage. — **Thierfelder**: Physiologische Chemie der Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate, 2; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger, I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie der Salzsäure, Schwefelwasserstoff- und Schwefelammoniumgruppe mit besonderer Rücksicht auf die praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium, auch für Anfänger, 3; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig; Theorie und Praxis des Patentgesetzes, mit besonderem Hinweis auf die chemische Industrie, 1. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe II (organisch), 2; Quantitative Untersuchung der Arzneistoffe, 1; Chemie der Genußmittel, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- oder halbtägig. — **Kliegl**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1; Präparative Arbeiten (mit Wislicenus), ganztägig. — **Magnus**: Analytische Chemie vom Standpunkt der physikalischen Chemie, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 1; Physikalisch-chemische Übungen (mit Wislicenus). —

**v. Brill**: Mechanik, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Funktionentheorie, 5; Potentialtheorie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **König**: Synthetische Theorie, 3; Höhere Analysis I: Differentialrechnung, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Happel**: Praktische Geometrie, mit Übungen im Gelände, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Flächen, 1. — **Rosenberg**: Geometrie und Anwendung astronomischer Instrumente, 2; Übungen in astronomischen Beobachtungen für Anfänger, 2; Leitung selbständiger astronomischer und physikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. —

## Universität Wien.

**Lecher**: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner II, 5; Anleitung für wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalische wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Hasenöhrl**: Mechanik II, 5; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft, Nabl und Schrödinger), 1. — **Meyer**: Meßmethoden der Radioaktivität, 3. — **Ehrenhaft**: Grundzüge der Theorie der Elektrizität und der elektromagnetischen Strahlung, 5. — **Przibram**: Einführung in die Atomistik (Fortsetzung), mit Berücksichtigung der Energiequantenlehre, 1. — **Heß**: Über luftelektrische Meßmethoden, 2. — **Schrödinger**: Interferenzerscheinung der Röntgenstrahlen, 2. — **Defant**: Wissenschaftliche Wettervorhersage, 1; Thermodynamik der Atmosphäre, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6 Wochen; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, nach Verabredung. —

**Wegscheider**: Chemische Übungen für Anfänger,

tägl. außer Sonnabend; Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Goldschmiedt:** Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Herzig:** Pharmazeutische Chemie, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Pollak:** Repetitorium der analytischen Chemie, 2; Übungen über ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 4; Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendungen II, 2. — **Wenzel:** Chemische Technologie, Metallurgie, 3. — **Franke:** Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Übungen in der Ausführung chemischer Schulversuche, 4; Organische Chemie, im Zusammenhang mit den praktischen Übungen der Mediziner, 2. — **M. Kohn:** Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Abel:** Galvanische Elemente und Akkumulatoren, 2. — **Moßler:** Nichtoffizinelle Arzneimittel, 1; Prüfung der organischen und galerischen Präparate der Pharmakopöe, 2. — **Kailan:** Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1. — **Zellner:** Methoden der chemischen Pflanzenuntersuchung II: Quantitative Methoden, 2. —

**v. Escherich:** Funktionentheorie (Fortsetzung), 5; Elementarmathematik, 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Wirtinger:** Elemente der Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **Mack:** Kurs für darstellende Geometrie, 3 *g*. — **Furtwängler:** Zahlentheorie (Fortsetzung), 4; Gruppentheorie (Fortsetzung), 1; Proseminar, 1 *g*; Seminar, 2 *g*; Elementarmathematik, 1 *g*. — **Oppenheim:** Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Präzession, Nutation und Variation der Polhöhe, 3; Kritik des Newtonschen Gravitationsgesetzes, 2, Übungen, 1 *g*. — **G. Kohn:** Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie I, 2. — **Tauber:** Versicherungsmathematik II, 4, Übungen, 2 *g*; Mathematische Statistik II, 1. — **Blaschke:** Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Hanni:** Einführung in die Theorie der Vektorfelder, 2. — **Roth:** Ebene algebraische Kurven, 2. — **Groß:** Partielle Differentialgleichungen, 3. — **Hepperger:** Praktische Astronomie, 3; Bestimmung und Verwertung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne, 2. — **Schram:** Kalendariographie und Chronologie verschiedener Völker, 2. —

## Technische Hochschule Wien.

**Jäger:** Physik, 3; Ausgewählte Kapitel der Physik, 2. — **Mache:** Physik, 2, 5 und 4. — **Strunz:** Geschichte der Naturwissenschaften und der Naturbetrachtung in der Neuzeit II, 2; Goethe als Naturforscher, 2; Übungen, 2. — **Sahulka:** Elektrotechnik, $4^1/_2$, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer:** Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2; Übungen zu elektrischen Schwingungen und Wellen, 4; Wechselstromtechnik, 2. — **N.N.:** Dynamobau, 3, Konstruktionsübungen, 6; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg:** Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, einschließlich Stromverteilung, 3, Übungen, 4. — **Jüllig:** Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Zelisko:** Die Fernsprechtechnik, 2. —

**Suida:** Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie I, 5; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. — **Bamberger:** Übungen zur allgemeinen Experimentalchemie, tägl.; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Vortmann:** Analytische Chemie, 4, Übungen, tägl. — **Moser:** Chemie der seltenen Elemente, 2. — **v. Jüptner:** Theoretische und physikalische Chemie I, $1^1/_2$, II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Praetorius:** Thermodynamik, Repetitorium, 1. — **Böck:** Chemie der natürlichen Alkaloide, 2. — **Paweck:** Technische Elektrochemie, 3; Die elektrischen Akkumulatoren, 1. — **Abel:** Elektrolyse, 1. — **Klimont:** Chemie der Fette, 1; Chemie der Mineralöle, 1. — **Eder:** Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Lafar:** Agrikulturchemie, 2. — **Hermann:** Die Fabrikation der Schwefelsäure, 1. — **Strache:** Beleuchtungsindustrie, 2; Übungen in Gasbeleuchtung, 4. — **Erban:** Chemische Textilindustrie II, 1. — **Ruß:** Neuere Verfahren der anorganisch-chemischen Großindustrie, $1^1/_2$; Einführung in die Behandlung der Patentliteratur der chemischen Industrie, 1. —

**Zsigmondy:** Mathematik I, für Maschineningenieure, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe:** Mathematik I, für Bauingenieure, 5; Einführung in die Graßmannsche Ausdehnungslehre und in die Hamiltonschen Quaternionen, 2. — **Czuber:** Mathematik II, 5, Korrepetitionen, nach Verabredung. — **Suppantschitsch:** Elemente der höheren Mathematik, 4, Übungen, 1. — **N. N.:** Enzyklopädie der Mathematik, 3. — **Tauber:** Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Förster:** Politische Arithmetik, 2. — **Blaschke:** Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller:** Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid:** Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler:** Graphisches Rechnen, 2. — **Wieghardt:** Mechanik I, $7^1/_2$. — **Jung:** Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, $7^1/_2$, Übungen, 2, im Anschluß: Vektoranalysis, 2. — **Girtler:** Theorie und Anwendung des Kreisels, 3. — **Leon:** Ausgewählte Kapitel der Festigkeitslehre und Materialprüfung, $1^1/_2$. — **Pollack:** Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5. — **Dolezal:** Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 10; Größere Vermessung, $^1/_2$ Monat; Geodätisches Seminar, 2; Photographische Meßkunst: Photogrammetrie, Übungen, 2. — **Dokulil:** Übungen zur niederen Geodäsie, 10; Geodätisches Zeichnen: Situationszeichnen, 3 u. 4; Technik des Katasterwesens, 2; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. — **Schumann:** Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, $3^1/_2$. —

## Universität Würzburg.

**Wien:** Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 bzw. 8, für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor:** Elektromagnetische Lichttheorie, 4. — **Harms:** Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, 2. — **Rau:** Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1. —

**Buchner:** Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Emmert), 6; Praktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8; Kolloquium (mit Manchot, Emmert und v. Halban), 1 *g*. — **Medicus:** Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie (anorganisch), 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Manchot:** Maßanalyse, unter Berücksichtigung der durch das Deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden, 1. — **Pauly:** Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Tagesfragen der praktischen Chemie, 1 *g*. — **Emmert:** Chemie der Alkaloide, 1. — **v. Halban:** Elektrochemie, 1. —

**Rost:** Variationsrechnung, 4, Integralrechnung, 4, Übungen, 2; Astronomisches Praktikum für Fortgeschrittene, nach Verabredung, *g*; Anwendung der Trigonometrie auf geodätische und astronomische Probleme, 2; Methodik zur Lösung planimetrischer Konstruktionsaufgaben, 2 *g*;

Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Höhere Mathematik II, mit Übungen, 2 *g*. — **v. Weber**: Algebraische Kurven, 4; Differentialgeometrie II: Abbildung und Deformation der Flächen, 4; Übungen zur höheren Geometrie, $1^1/_2$ *g*. — **Hilb**: Anwendung der Differentialrechnung auf die Theorie der ebenen Kurven, 4; Determinanten, 4. —

## Universität Zürich.

**Kleiner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum, für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere (mit v. Laue), tägl. — **v. Laue**: Mechanik des Massenpunktes und des starren Körpers, zugleich Einleitung in die theoretische Physik, 4; Theorie der Wärmestrahlung, 2. — **Greinacher**: Kathoden-, Röntgen-, Anoden- und Kanalstrahlen, mit Experimenten, 1; Radiologisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Mediziner, halbtägig. — **Ratnowsky**: Statistische Mechanik und Quantentheorie, 2; Magneto- und Elektrooptik, 2. —

**Werner**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse, mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anleitung zu chemischen Arbeiten, für Mediziner, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II: Farbstoffe, 3; Eiweißchemie, 1; Phasenlehre: Theorie der Legierungen, der Bildung der Salzlager usw., 2. — **Jantsch**: Seltene Elemente, 2. — **Reichinstein**: Passivität der Metalle, 1. — **Baudisch**: Chemie, Physiologie und Pathologie des Stoffwechsels, 1. —

**Zermelo**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Einführung in die Funktionentheorie, 4; Mathematische Übungen für Vorgerücktere, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie II, 4. — **Gubler**: Politische Arithmetik: Anleihens- und Versicherungsrechnung, 2; Hauptsätze der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Bernays**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mit Beziehung zur Fehlertheorie und Statistik, 3; Mathematische Übungen für mittlere und höhere Semester, 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3. —

## Technische Hochschule Zürich.

**Weiß**: Physik II, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4, 6 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24. — **Schweitzer**: Physik II, 3, Ergänzungen, 1, Repetitorium, 1, Übungen, 1; Experimentalphysik, 4, Repetitorium, 1, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert III, 2; Eulers Arbeiten auf dem Gebiete der Optik, 1. — **de Quervain**: Gletscherkunde, mit Exkursionen, 1. — **Wolfke**: Wärmestrahlung und Quantentheorie, 2; Technische Optik: Elektrische Lichtquellen, 2. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographie, 2. — **Kuhlmann**: Theoretische Elektrotechnik I, 5, Repetitorium, 1, III, 4, Repetitorium, 1; Elektrotechnisches Laboratorium Ib, 3, IIa, 8; Leitung der Diplomarbeiten in der Elektrotechnik (mit Wyßling und Farny). — **Tobler**: Schwachstromtechnik, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen II, 2; Elektrische Bahnen, 3. — **Farny**: Elektrische Maschinen II, 3, Konstruktionsübungen, 9; Übungen in der elektrischen Abteilung, 3. — **Hilfiker**: Militärtelegraphie und -telephonie, Signalwesen, 1. —

**Treadwell**: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse, 4, Repetitorium, 1; Probierkunde mit Übungen, 2; Analytisches Praktikum, 20, 16; Chemisches Praktikum, 10, 2 und 4; Analytisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Baur**: Physikalische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Technische Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4; Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie II: Alkalien, Chlor, Phosphate, 3, Repetitorium, 1, III: Silikate, 2, Repetitorium, 1; Technologie der Kohlehydrate und der Gärung, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Céresole**: Organische Technologie II: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Fette und Beleuchtungsmaterialien, 2, Repetitorium, 1; Explosivstoffe, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Mikroskopierübungen II: Genußmittel und Gewürze, 4; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Warenkunde, 1. — **Staudinger**: Organische Chemie I, 6, Repetitorium, 1, II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Chemisches Praktikum, 24 und 10, für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, 4 und 8, für Vorgerücktere, tägl.; Physiologisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Niggli**: Elemente einer physikalischen Chemie des Magmas, 2. — **Ott**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Stern**: Lösungen, 2. — **Trier**: Ergebnisse und Probleme der Pflanzenchemie, 1 *g*. —

**Hurwitz**: Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Weyl), 2. — **Baeschlin**: Vermessungskunde I, 3, Übungen, 3, III, 4, Übungen II, 8; Vermessungsübung am Schluß des Sommersemesters, 2 Wochen; Große Vermessungsübung, 3—4 Wochen; Konstruieren geodätischer Instrumente, 2; Diplomarbeit in Vermessungswesen, 6 Wochen. — **Franel**: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Großmann**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 3; Projektive analytische Geometrie, 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Theorie der binären Formen, 2. — **Kollros**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 2 und 3. — **Meißner**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Stoß- und Schwingungsprobleme der Mechanik, 2. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Weyl**: Algebraische Kurven und Flächen, 4. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Astrophysik, 2. — **Zwicky**: Vermessungskunde, 5; Feldmessen, 8; Brücken- und Wasserbau, 3, Konstruktionsübungen, 3; Kulturtechnik II, 2, Konstruktionsübungen, 2; Ingenieurkunde, 3, Übungen, 2. — **Amberg**: Mathematische Probleme der Sozialversicherung, 2. — **Beyel**: Kegelschnitte, 2; Schattenlehre, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematischen Unterricht II, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung und Übungen, 2. — **Keller**: Repetition der darstellenden Geometrie: Axonometrie, zentrale Kollineation mit Anwendung auf Kegelquerschnitte, Durchdringungen, Kegel-, Rotations- und Schraubenflächen, 2; Projektive Geometrie, 1. — **Kienast**: Bestimmte Integrale, 2. — **Kraft**: Ausdehnungslehre IV, 1; Vektoranalysis II, 3, V, 2, VI, 2; Graphisches Rechnen, Anwendung auf die Darstellung der Kurven höheren Grades in der Ebene, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Dr. Hans Busch in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Gff Have other vols

JP Have others vols